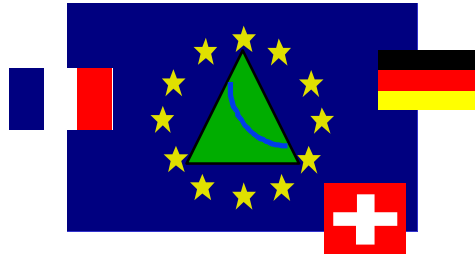


ITADA

Institut Transfrontalier d'Application et de Développement Agronomique
Grenzüberschreitendes Institut zur rentablen umweltgerechten Landwirtschaft



Abschlussbericht Projekt 01

2006

**Erstellung und Überprüfung einer regionalen
Datensammlung zur reduzierten Bodenbearbeitung
(Alternativen zum Pflug)**

ITADA Sekretariat: 2 allée de Herrlisheim, F-68000 COLMAR
Tel: 0(033)3.89.22.95.50 Fax: - 59 e-mail: itada@wanadoo.fr Internet: www.itada.org

ITADA

Institut Transfrontalier d'Application et de Développement Agronomique
Grenzüberschreitendes Institut zur rentablen umweltgerechten Landwirtschaft

Das Aktionsprogramm III des ITADA untersteht der Trägerschaft des Conseil Régional d'Alsace und wird kofinanziert durch:

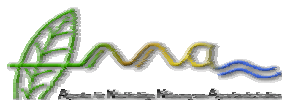
- Europäischer Regionalentwicklungsfonds (INTERREG Programm III Oberrhein Mitte-Süd)
- Ministerium für Ernährung und Ländlichen Raum Baden-Württemberg
- Conseil Régional d'Alsace
- Agence de l'Eau Rhin Meuse
- Landwirtschaftliche Berufsverbände des Elsass
- Schweizer Eidgenossenschaft
- Kantone Basel-Stadt, Basel-Landschaft und Aargau

Projekt 01

Erstellung und Überprüfung einer regionalen Datensammlung zur reduzierten Bodenbearbeitung (Alternativen zum Pflug)

wurde durchgeführt von:

- Projektleitung (F): Association pour la Relance Agronomique en Alsace (ARAA),
Schiltigheim
Rémi Koller und Eric Granveaux
- Projektpartner (D): Institut für umweltgerechte Landwirtschaft (IfuL),
Müllheim
Dr. Reinhold Vetter und Jürgen Maier
Projektbearbeitung (im Auftrag des IfuL):
Agentur für Nachhaltige Nutzung von Agrarlandschaften
(ANNA), Müllheim
Thomas Hölscher und Dr. Karl Müller-Sämman
- (CH): Agroscope Reckenholz-Tänikon (ART) (ex FAL), Zürich
Dr. Bernhard Streit



Inhaltsverzeichnis:

VORWORT	6
ZUSAMMENFASSUNG	10
A. Einführung in pfluglose Bodenbearbeitung	14
B. Warum sind die pfluglosen Anbautechniken am Oberrhein interessant?	21
C. Das Ziel: Regionale Datensammlung zur reduzierten Bodenbearbeitung	23
D. Methoden und Ergebnisse	24
1 Literaturlauswertung zur pfluglosen Bodenbearbeitung	27
1.1 Methodik und Zielsetzungen der Arbeit	27
1.2 Vorstellung der Übersicht	27
1.3 Organisation der Ergebnisse, die in der Synthese vorgestellt wurden - Gebrauchsanweisung zum Dokument.....	29
1.4 Die wichtigsten Ergebnisse.....	30
2 Befragung von fachkundigen Landwirten und Meinungsbildnern zu ihrer Einschätzung der pfluglosen Bodenbearbeitung	37
2.1 Methode.....	37
2.2 Ergebnisse.....	39
2.2.1 Vorteile und Hemmnisse pflugloser Bodenbearbeitung.....	39
2.2.2 Entwicklung ackerbaulicher und umweltrelevanter Parameter.....	42
2.2.3 Effekt von Boden- und Standorteigenschaften auf die Anwendbarkeit pflugloser Verfahren.....	43
2.2.4 Effekte einer dauerhaften Anwendung eines geeigneten pfluglosen Verfahrens	44
2.2.5 Verteilung der Antworten bei den beiden Befragungsgruppen.....	45
2.2.6 Grenzüberschreitende Unterschiede in der Einschätzung zwischen den befragten Gruppen	50
2.2.7 Schlussfolgerungen aus den z.T. unterschiedlichen Aussagen zwischen Experten und Praktikern	51

3	Erhebung der Praxis von pflugloser Bodenbearbeitung bei Landwirten am Oberrhein	53
3.1	Methoden.....	53
3.1.1	Stichprobenauswahl	53
3.1.2	Die Analysenmethode der Funktionsweise von Betrieben	53
3.2	Ergebnisse.....	56
3.2.1	Die befragten Betriebe in der Landschaft	56
3.2.2	Typologie der Funktionsweise der befragten Betriebe	58
3.2.3	Gründe für den Übergang zum pfluglosen Anbau	61
3.2.4	Die Phase der Anpassung an die pfluglose Bearbeitung	63
3.2.5	Die Wirkungen der pfluglosen Bearbeitung	67
3.2.6	Die technischen Resultate der pfluglosen Anbauverfahren.....	69
3.2.7	Bilanz der Studie.....	77
3.2.8	Schlussfolgerung und Perspektiven	79
3.3	Analyse der Praxis über die Anbauverfahren	81
3.3.1	Warum sollte man sich für die Praxis interessieren?	81
3.3.2	Methoden.....	81
3.3.3	Ergebnisse.....	82
4	Agrar-ökologische Bewertung von Betrieben mit pflugloser Bodenbearbeitung	110
4.1	Die Methode INDIGO.....	110
4.2	Berechnung der einzelnen INDIGO®-Indikatoren	111
4.3	Ziele der Arbeit mit INDIGO®	113
4.4	Ergebnisse der Arbeit mit INDIGO®	113
4.4.1	Evaluierung der Betriebe mit pflugloser Bodenbearbeitung	113
4.4.2	Darstellung der Ergebnisse der mit INDIGO realisierten Vergleiche	113
5.	Regionale Versuche zur pfluglosen Bodenbearbeitung am Oberrhein	138
5.1	Methoden.....	
5.2	Ergebnisse.....	
5.3	Ausblick	
6.	Direktsaat ABC – Tipps zu Direktsaat von Praktikern für Praktiker	145
6.1	Einleitung.....	145
6.2	Zielsetzung	147

6.3	Vorgehen	147
6.3.1	Definition der Stichworte	147
6.3.2	Auswahl der Interviewpartner	148
6.3.3	Durchführung der Befragungen	149
6.3.4	Veröffentlichung der Ergebnisse	150
6.4	Zusammenfassung und Ausblick.....	151
E.	HANDREICHUNGEN	
	‘20 Fragen und Antworten zur pfluglosen Bodenbearbeitung am Oberrhein’	152
1.	Handreichung für politische Entscheidungsträger	152
2.	Handreichung für Berater und Landwirte.....	162
F.	Ausblick: Wie geht es weiter mit der pfluglosen Bodenbearbeitung?	175
ANHANG		
	Anhang 1: Literaturstudie — Die pfluglose Bodebearbeitung in der Region und in der Welt in 27 Kapiteln	178
	Anhang 1.1: Ergebnisse der Literaturlauswertung	178
	Anhang 1.2 Literaturverzeichnis	225
	Anhang 2: Datenblätter zu den regionalen Versuchen	247
	Anhang 3: Direktsaat-ABC auf www.no-till.ch	267

Verzeichnis der Abbildungen:

Abbildung 1: Klassifizierung der Typen der Bodenbearbeitung: was ändert sich und was wird damit bezweckt?	15
Abbildung 2: Mechanische, physikalische und chemische Effekte der pfluglosen Bodenbearbeitung.....	18
Abbildung 3: Wechselwirkungen Zwischen Kulturen, Boden und Nährstoffen.....	20
Abbildung 4: Arbeiten und Berichte im Rahmen des Projekts.....	24
Abbildung 5: Umweltrelevante Gründe für die Anwendung pflugloser Verfahren	39
Abbildung 6: Betriebliche Gründe für die Anwendung pflugloser Verfahren	40
Abbildung 7: Gründe gegen die Anwendung pflugloser Verfahren	41
Abbildung 8: Entwicklung ackerbaulicher und umweltrelevanter Parameter bei Anwendung pflugloser Verfahren	42
Abbildung 9: Effekt verschiedener Boden- und Standorteigenschaften auf die Anwendbarkeit pflugloser Verfahren.....	43
Abbildung 10: Effekte einer dauerhaften Anwendung geeigneter pflugloser Verfahren (best case)	44
Abbildung 11: Betriebliche Gründe für die Anwendung pflugloser Bodenbearbeitung.....	45
Abbildung 12: Gründe gegen die Anwendung pflugloser Bodenbearbeitung.....	46
Abbildung 13: Effekt der Boden- und Standorteigenschaften auf die Anwendung pflugloser Bodenbearbeitung	47
Abbildung 14: Entwicklung einzelner Parameter bei der Anwendung pflugloser Bodenbearbeitung.....	48
Abbildung 15: Beispiel eines Betriebsportraits (Fiktiver Beispielbetrieb)	55
Abbildung 16: Motive für die Umstellung auf pfluglose Anbausysteme.....	61
Abbildung 17: INDIGO-Evaluierung von Betrieb 2	115
Abbildung 18: Stärken und Schwächen des Betriebs 2	118
Abbildung 19: INDIGO-Evaluierung von Betrieb 14	120
Abbildung 20: Stärken und Schwächen von Betrieb 14	122
Abbildung 21: INDIGO-Evaluierung von Betrieb 18	124
Abbildung 22: Stärken und Schwächen von Betrieb 18	126
Abbildung 23: Stärken und Schwächen von Betrieb 12	128
Abbildung 24: Standorte der einzelnen Interviewpartner	149

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1: Kapitel und Themen der Bibliografie	28
Tabelle 2: Technisch-ökonomische Wirkungen pflugloser Verfahren im Vergleich zu ‘gepflügt’	30
Tabelle 3: Landbauliche Wirkungen pflugloser Verfahren im Vergleich zu ‘gepflügt’	31
Tabelle 4: Umweltwirkungen pflugloser Verfahren im Vergleich zu ‘gepflügt’	32
Tabelle 5: Weitere Faktoren im Zusammenhang mit der Einführung pflugloser Boden- bearbeitungsverfahren auf landwirtschaftlichen Betrieben	33
Tabelle 6: Effekt der pfluglosen Bodenbearbeitung auf den Wasserhaushalt.....	34
Tabelle 7: Effekte der pfluglosen Bodenbearbeitung auf den Stickstoff- und Phosphorhaus- halt.....	35
Tabelle 8: Effekte der pfluglosen Bodenbearbeitung auf den Austrag von Pflanzenschutz- mitteln	36
Tabelle 9: Struktur des Fragebogens für Experten aus Landwirtschaft und Beratung.....	38
Tabelle 10: Anzahl beantworteter Fragebögen von Landwirten und Experten	39
Tabelle 11: Für pfluglose Verfahren geeignete Kulturen.....	49
Tabelle 12: Für pfluglose Verfahren ungeeignete Kulturen.....	50
Tabelle 13: Typologie pfluglos arbeitender Betriebe	60
Tabelle 14: Entwicklung von Geräten und Einsatzflächen	64
Tabelle 15: Die Wirkungen der pfluglosen Bodenbearbeitung	67
Tabelle 16: Die wichtigsten Erhebungsdaten auf den befragten Betrieben	80
Tabelle 17: Anbauverfahren nach Vorfrucht und Bodentyp	82
Tabelle 18: Allgemeine Lehren aus der Analyse der pfluglos wirtschaftenden Betriebe.....	137
Tabelle 19: Vergleich von Betrieben ohne und mit pflugloser Bodenbearbeitung mittels INDIGO	138
Tabelle 20: Verzeichnis der regionalen Versuche zur pfluglosen Bodenbearbeitung	139
Tabelle 21: Übersicht über die Ziele der regionalen Versuche	140
Tabelle 22: Priorisierte Stichwortliste	148
Tabelle 23: Liste der Partner, die sich für die Interviews zur Verfügung gestellt haben.....	150

VORWORT

Bodenschutz durch pfluglose Bodenbearbeitungsverfahren

Zu Beginn des 21. Jahrhunderts ist konservierende Bodenbearbeitung keine neuartige Wirtschaftsweise mehr, vielmehr ist sie Standard auf vielen landwirtschaftlichen Betrieben weltweit. Die vorliegenden Schätzungen gehen für das Jahr 2004/05 von mehr als 95 Millionen Hektar Ackerfläche ohne Bodenbearbeitung aus (Derpsch, R., 2006), zu denen man noch die pfluglos bestellte Fläche hinzuzählen muss. In Europa hat jedoch vor allem die Direktsaat derzeit nur eine geringe Verbreitung, trotz zahlreicher wissenschaftlicher Versuchsergebnisse, die die positiven Auswirkungen auf das Ökosystem Boden und gleichzeitig auf das Betriebseinkommen belegen.

Dagegen wurden in den USA, gemäß der Angaben des amerikanischen *Conservation Technology Information Center* (CTIC 2003), im Jahr 2002 37% der gesamten Ackerfläche, d.h. 44 Mio. ha, konservierend bestellt. Dabei hat die Direktsaat mit einer Fläche von 22,3 Mio. ha (55% der pfluglos bestellten Ackerfläche) die Mulchsaat (45%) deutlich hinter sich gelassen. Eine große Anzahl an Veröffentlichungen belegt, dass in den USA der Bodenabtrag durch Erosion mit konservierender Bodenbearbeitung um bis zu 99 % gesenkt werden kann, vor allem durch Direktsaat.

Zunehmendes Bewusstsein für den Bodenschutz in Europa

In Europa verlangen die Vorschriften in einigen Ländern schon Maßnahmen zum Schutz des Bodens gegen Erosion aus agronomischen und ökologischen Gründen sowie wegen der wirtschaftlichen Auswirkungen.

So verlangt das deutsche Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) von den Bodeneigentümern "... schädliche Bodenveränderungen abzuwenden ... und Vorsorge gegen nachteilige Einwirkungen auf den Boden zu treffen." Ziel dieses Gesetzes ist es, die nachhaltige Funktion der Böden zu sichern oder wieder herzustellen. Dieses Gesetz spricht insbesondere Situationen an, in denen unangepasste Bewirtschaftungsmaßnahmen zu Erosion oder Bodenverdichtung und somit zu langfristigen Schäden führen (§ 7 Vorsorgepflicht und § 17 Gute fachliche Praxis). Demnach gehört es zur guten fachlichen Praxis des landwirtschaftlichen Bodenschutzes, „den standorttypischen Humusgehalt des Bodens, insbesondere durch eine ausreichende Zufuhr an organischer Substanz oder durch Reduzierung der Bearbeitungsintensität, zu erhalten“.

In Frankreich kann der Präfekt seit 2003 'Erosionszonen' ausweisen, in denen die Erosion von landwirtschaftlichen Böden erhebliche Schäden im Abflussbereich hervorrufen kann. Gemeinsam mit den Gebietskörperschaften und deren Zusammenschlüsse sowie mit Vertretern der Eigentümer und Bewirtschafter der betroffenen Flächen werden Aktionsprogramme gegen die Bodenerosion in solchen Gebieten aufgestellt. In diesem Programm werden die wünschenswerten Maßnahmen zur Reduzierung der Bodenerosion beschrieben sowie die für ihre Einführung in diesen Zonen vorgesehenen Mittel. Einige dieser Maßnahmen können sogar verbindlich vorgeschrieben werden. Wenn dadurch Mehrkosten bzw. Mindererlöse verursacht werden können diese in den Genuss einer Förderung kommen (Artikel L114-2 des *Code Rural*). Bezüglich der förderfähigen Maßnahmen wird jedoch keine besondere Technik vorgeschrieben.

Auf europäischer Ebene wird seit 2002 eine thematische Strategie zum Bodenschutz erarbeitet, die insbesondere die Vermeidung von Erosion sowie die Erhaltung der organischen Substanz im Boden und der Artenvielfalt zum Ziel hat. Sie soll in eine europäische Rahmenrichtlinie zum Schutz des Bodens münden.

Die Gefahr der Erosion wird durch Fakten belegt: Der 'Erosionsatlas Baden-Württemberg' gibt bei konventionell bebauten Feldern Werte zwischen 3 t/ha*a Bodenabtrag auf mittleren Standorten und 9 t/ha*a auf Lößstandorten an. Das *Institut de Mécanique des Fluides de Strasbourg* hat auf einer schluffhaltigen Parzelle mit 5% Hangneigung bei einem 30-minütigen Niederschlagsereignis mit 40 mm Regen, wie es jedes Jahr in einer oder mehreren Gemeinden im Untersuchungsgebiet vorkommt, einen Bodenabtrag von 35 t/ha gemessen. Diese Zahl mag hoch erscheinen, ist jedoch realistisch, wenn man bedenkt, dass dies nur 1% der Bodenmasse darstellt, die durch das Pflügen eines Hektars gewendet wird. In jedem Fall ist die Bodenneubildung zu langsam, um diese Verluste zu kompensieren.

Ohne Pflug müssen die Anbauverfahren der Kulturen überarbeitet werden

Zwar ist der konservierende Effekt pflugloser Bodenbearbeitung im Sinne des Erosionsschutzes unbestritten, doch die durch den Pflugverzicht bewirkten Veränderungen beeinträchtigen unter bestimmten Bedingungen viele Eigenschaften und Funktionen des Bodens sowie die unmittelbare Umwelt der Kulturpflanzen. Deshalb sind im Zusammenhang mit der Einstellung des Pflügens zahlreiche andere Aspekte des landwirtschaftlichen Anbauverfahrens zu überarbeiten: die Behandlung der Ernterückstände, die Saattechnik, die Saatstärke, die Unkrautbekämpfung, die Düngung, der Pflanzenschutz, ...

Deshalb wird die Mulchsaat, vor allem aber die Direktsaat, von der Praxis mit großer Skepsis betrachtet. Ertragseinbußen, die häufig durch unsachgemäße oder nicht standortgerechte Anwendung der Anbauverfahren, den Einsatz ungeeigneter Technik oder durch die noch nicht abgeschlossene Umstellungsphase bedingt sind, werden häufig als Mängel des Produktionssystems angesehen. Die Hauptthemnisse aus Sicht der pfluglos arbeitenden Praktiker am Oberrhein liegen allerdings in der mangelnden Erfahrung bei den Praktikern, den höheren Anforderungen sowie am mangelnden Beratungsangebot für Landwirte.

Doch auch am Oberrhein gibt es eine Reihe von Praktikern und Fachleuten, die reduzierte Bodenbearbeitungsverfahren bis hin zur Direktsaat erfolgreich anwenden. Besonders in der Schweiz scheuen viele Landwirte nicht mehr vor einem absoluten Verzicht auf Bodenbearbeitung zurück und praktizieren die Direktsaat, auch wenn diese höchste Ansprüche an die Landwirte sowie ihre Maschinen- und Geräteausstattung stellt. Doch zu den nachstehenden, von Forschung und Praxis genannten ökologischen und agronomischen Vorteilen kommt eine erhebliche Zeit- und Kostenersparnis:

- Verminderung des Erosionsrisikos
- Erhalt der Bodenfeuchte in Trockenjahren und bessere Abtrocknung bei Nässe,
- deutlich bessere Stabilität und Befahrbarkeit der Böden,
- Verbesserung der bodenphysikalischen Eigenschaften,
- Entschärfung von Arbeitsspitzen,
- Senkung der Produktionskosten,

- Reduzierung des Eintrags von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln in Grund- und Oberflächengewässer.

Von der Landtechnik zur Betriebswirtschaft

Neben den ökologischen Vorteilen ist auch die wirtschaftliche Bedeutung des Erosionsschutzes zu betonen. Als direkte oder langfristige Folge von nicht-konservierender Bodenbearbeitung, besonders in Hanglagen, geht wertvolles Bodenmaterial mit Humus und Nährstoffen durch Erosion verloren. Die durchschnittlichen Kosten allein für den Ersatz der ausgewaschenen Nährstoffe bei einer angenommenen Erosionsmenge von 2 t/ha Ackerfläche liegen bei etwa 25 €/ha. Hinzu kommt, dass sich die wirtschaftlichen Auswirkungen der Bodenerosion nicht nur durch Minderung der Bodenfruchtbarkeit auf die Landwirtschaft niederschlagen. Die infrastrukturellen Off-site-Schäden an Vorflutern, Drainagen, Verkehrswegen, Kanälen, Wasserstraßen etc., die von der öffentlichen Hand getragen werden (Steuergelder), werden bei Kalkulationen oft vernachlässigt. Wissenschaftliche Schätzungen gehen davon aus, dass auf Erosionsstandorten die landwirtschaftlichen Produktionskosten um bis zu 53 €/ha*a zunehmen. Unter Einbeziehung der jährlichen Kosten für Off-site-Schäden, die mit 32,5 €/ha angegeben werden, summieren sich die Gesamtkosten durch Bodenabtrag jährlich auf bis zu 85,5 €/ha Erosionsfläche. Demnach würden von den 157 Mio. ha in der EU, die von Bodenerosion betroffen sind, Gesamtkostenbelastungen in Höhe von nahezu 13,5 Milliarden Euro verursacht. Dies entspricht 33% des EU-Agrarhaushalts.

Die vielfältigen regionalen Erfahrungen nutzen

Viele Landwirte scheuen noch vor der Umstellung auf ein pflugloses Verfahren zurück, da aus Sicht der Landwirtschaft in diesem Zusammenhang noch viele Fragen offen sind. Zahlreiche Maßnahmenbereiche wie z.B. die Anpassung der Düngestrategie und des Pflanzenschutzes bis hin zur Fruchtfolge sind von der Entscheidung für die pfluglose Bodenbearbeitung betroffen. Klärungsbedarf besteht außerdem in Bezug auf die Anfälligkeit pfluglos angebauten Getreides für Krankheiten wie die Fusariose, die für eine Mykotoxinbelastung des Erntegutes verantwortlich ist.

Im Rahmen dieses Projektes haben wir uns für alle Verfahren interessiert, die von einem Verzicht auf das Pflügen ausgehen, was zweifellos die teuerste Maßnahme der Bodenbearbeitung darstellt und den Boden durch das Wenden von 25 bis 35 cm der Bodenkrume am meisten stört. Wie die Befragung bei Landwirten gezeigt hat, können dem Verzicht auf den Pflug verschiedene Motive zugrunde liegen, nicht nur die Bemühung um den Bodenschutz.

Wir haben versucht, mit Hilfe der Aussagen der Landwirte, den Aussagen der Literatur sowie einer Auswertung der Ergebnisse verschiedener Versuche aus dem Oberrheingebiet abzuklären, ob die angestrebten Ziele erreicht wurden, indem wir so weit wie möglich nach Erklärungen für diese Effekte aus der Bodenkunde gesucht haben.

Schließlich, um den Landwirten die Umstellung zu erleichtern, wurden im Projekt Problemfelder und Hemmnisse identifiziert und Lösungsmöglichkeiten aufgezeigt, die in der Forschung oder der Praxis erarbeitet wurden. Die Ergebnisse sind in diesem Endbericht als regionale Datensammlung zur pfluglosen Bodenbearbeitung speziell für das Oberrheingebiet

aufgearbeitet und zusammengefasst, um für interessierte Betriebe und die landwirtschaftliche Beratung leichter verfügbar zu sein.

Großes Engagement in der Schweiz

In der Schweiz befindet sich die Direktsaat in starker Entwicklung und betrifft schon 3% der Ackerfläche. Die Förderer dieser Entwicklung haben jedoch festgestellt, dass die verfügbaren Kenntnisse zu dieser Technik überwiegend auf wissenschaftlichen Arbeiten beruhen, die sich nicht so sehr an den Erfordernissen der Praxis orientieren. Deshalb bestand der Wunsch, die in der Praxis mit Direktsaat gewonnenen Erfahrungen durch Interviews mit einer Gruppe von Landwirten, Lohnunternehmern und Beratern aufzunehmen und in Form eines 'Direktsaat-ABC' aufzubereiten. Die Informationen und Ratschläge werden unter einer Reihe von Schlüsselbegriffen präsentiert. Das Ergebnis dieser Arbeit, die unabhängig und parallel zum restlichen Projekt lief, wird in diesem Bericht zwar vorgestellt¹, ist jedoch nicht in die kompakten Zusammenstellungen dieses Berichts eingearbeitet.

Der von den schweizerischen Autoren des Direktsaat-ABC verfolgte Ansatz deckt sich mit dem Anliegen der französischen und deutschen Projektverantwortlichen: die bei der Umstellung auf pfluglose Bodenbearbeitung vor Ort gewonnenen pragmatischen Erfahrungen der Praktiker verfügbar machen. Diese haben zahlreiche Lösungen für die beim Verzicht auf das Pflügen unter ganz unterschiedlichen Rahmenbedingungen auftretenden Probleme gefunden. Und sie kennen die Gründe für Fehlschläge sowie die noch ungeklärten Fragen, denen sich die Forschung in der Region annehmen sollte. Im Übrigen stellt die Darstellung nach Schlagwörtern eine Parallele zur Vorstellung unserer Ergebnisse nach Schlüsselwörtern in der Zusammenfassung dieses Berichts dar: Die von der pfluglosen Bodenbearbeitung im Allgemeinen, als auch von der Direktsaat im Besonderen aufgeworfenen Fragen sind zu zahlreich, die Anliegen der Gesprächspartner zu unterschiedlich und die Antworten zu differenziert, als dass dem Leser zu diesem Thema eine einzige, definitive Schlussfolgerung vorgeschlagen werden könnte.

Mit dieser Arbeit hoffen wir zu einem wirklichen Verständnis der Vorzüge dieser Techniken beitragen, die existierenden Erfahrungen in Umlauf bringen und eine konstruktive Auseinandersetzung über die noch zu lösenden Fragen in Gang setzen zu können.

Der Abschlussbericht zu diesem ITADA-Projekt ist auch im Internet unter www.itada.org verfügbar.

¹ Die Langfassung der ersten Version des Direktsaat-ABC ist nur auf der CD zu diesem Bericht enthalten. Die jeweils aktuelle Fassung sowie weitergehende Informationen finden sich auf www.no-till.ch.

ZUSAMMENFASSUNG

Im Oberrheingebiet von Baden und dem Elsass kommen die Fragen zur Pfluglosen Bodenbearbeitung sowohl von Landwirten, die über echte praktische Erfahrungen verfügen und oft autodidaktisch nach Verbesserungsmöglichkeiten suchen, als auch von anderen, die sich aus verschiedenen Gründen (agronomisch, ökonomisch, Arbeitsbelastung) Gedanken über die Zukunftsfähigkeit des Pflügens machen. Fragen kommen auch von Seiten der Öffentlichen Hand, die sowohl lokal als auch national und auf europäischer Ebene Lösungsstrategien für landwirtschaftlich verursachte Umweltprobleme suchen. Die Abgeordneten der Parlamente auf lokaler und regionaler Ebene bestimmter Gebiete am Oberrhein (Sundgau, Kochersberg und Nordelsass bzw. Löss-Hügellandschaften der Vorbergzone des Schwarzwaldes) werden regelmäßig mit Problemen der Erosion auf Ackerflächen konfrontiert, die in zahlreichen Gemeinden zu Schäden durch Schlammfluten führen.

Das vorliegende Projekt hat zum Ziel, eine Sammlung von regionalen Referenzdaten zu erstellen, bestehend aus praktischen Empfehlungen mit Angaben zum agronomischen, ökologischen und ökonomischen Potential der Pfluglosen Bodenbearbeitung, im Bestreben, die Fragen von Landwirten und öffentlichen Verantwortlichen zu beantworten. Das Referenzszenarium, auf welches sich die vergleichenden Aussagen beziehen, ist durch einjährige Kulturen mit regelmäßiger, tiefer Bodenbearbeitung mit dem Pflug gekennzeichnet, wie es im Gebiet bei weitem vorherrscht.

Diese Datensammlung beruht auf einer Literaturlauswertung, der Auswertung von in der Region gewonnenen Versuchsergebnissen sowie der Erhebung von praktischen Erfahrungen der Landwirte. Die gewonnenen Daten wurden in eine Datensammlung zu den Umwelt- und Produktionsbedingungen am Oberrhein aufgenommen. Sie setzt sich zusammen aus:

- einer thematisch strukturierten Literaturlauswertung,
- Erhebungen zur Bewirtschaftungspraxis bei pfluglos arbeitenden Landwirten in Baden und im Elsass,
- dem Versuch einer agrar-ökologischen Analyse der Effekte pflugloser Bearbeitung,
- einer Umfrage zur Wahrnehmung der Verfahren pflugloser Bodenbearbeitung durch landwirtschaftliche Berater,
- der Zusammenstellung von Versuchsergebnissen aus der Region.

Die Vor- und Nachteile dieser Verfahren wurden zusammengestellt in Synopsen für die beiden betroffenen Zielgruppen Landwirte und Landwirtschaftsberater einerseits sowie Entscheidungsträger bei den Gebietskörperschaften andererseits.

Auswertung der Literatur

Die Literaturlauswertung basiert auf internationalen wissenschaftlichen Veröffentlichungen sowie 'grauer Literatur' von Technischen Instituten bzw. Anstalten und Beratungseinrichtungen aus Deutschland, Frankreich und der Schweiz. Die Auswertung dieser Arbeiten musste der großen Vielfalt an untersuchten Situationen Rechnung tragen: Bodentyp, Klima, Anbauverfahren und Art der pfluglosen Bodenbearbeitung. Sie erstreckte

sich über landbauliche Aspekte, insbesondere die Entwicklung der Bodeneigenschaften nach der Beendigung des Pflügens, ökologische und landwirtschaftliche Aspekte, insbesondere die Erträge und die neuen technischen Herausforderungen.

Sie erlaubt ein Verständnis der Auswirkungen der pfluglosen Bearbeitung auf die landwirtschaftliche Produktion. Die Reduzierung der Bodenbearbeitung durch Aufgabe des Pflügens ist möglich, ohne dass es zu Ertragseinbußen kommt, aber die örtliche Anpassung aller Bewirtschaftungsmaßnahmen und manchmal auch eine Veränderung der Fruchtfolge sind entscheidend für die Erreichung dieses Zieles und die Vermeidung von Verunkrautung, Krankheits- und Schädlingsbefall. Diese Anpassung bzw. die Entwicklung neuer Anbauverfahren verlangt eine gute Kenntnis der biologischen Kreisläufe von Schädlingen und den Entwicklungsvoraussetzungen von Krankheiten.

Die Bewertung der Umweltwirkungen ist differenziert. Die stärkere Bodenbedeckung durch Ernterückstände (je nach Kultur und Technik der Bearbeitung in unterschiedlichem Ausmaß), die Entwicklung der biologischen Aktivität (mehr Regenwürmer, Konzentration des Bodenlebens nahe der Bodenoberfläche) und die Abnahme des Gesamt-Porenvolumens mit geänderter Verteilung im Profil sind Faktoren, die die Infiltrationsbedingungen und den Gasaustausch sowohl an der Bodenoberfläche als auch im Bodenkörper beeinflussen. Die Effekte sind im Allgemeinen positiv was den Oberflächenabfluss, die Erosion und die Verlagerung von Pflanzenschutzmitteln angeht. Die Bewertung der Effekte auf die Auswaschung von Nährstoffen (N und P) und Pflanzenschutzmitteln sowie auf die Treibhausgas-Bilanz ist weniger eindeutig.

Wie praktizieren die Landwirte am Oberrhein die pfluglose Bodenbearbeitung? Mit welchen Ergebnissen?

Die Befragung von 37 Landwirten hat gezeigt, dass die pfluglosen Bodenbearbeitungsverfahren in einer große Bandbreite von Betriebsgrößen und Produktionssystemen mit einer großen Vielfalt an Bodenbearbeitungstechniken, Geräten und Anbauverfahren zur Zufriedenheit der befragten Landwirte eingeführt wurden. Es gibt also weder einen typischen Betrieb noch ein Patentrezept für die Einführung der pfluglosen Bodenbearbeitung. Eine Bedingung für die erfolgreiche Einführung wird jedoch regelmäßig genannt: dass der Boden vor jeglicher Maschinenüberfahrt ausreichend abgetrocknet ist, so dass er tragfähig ist und es zu keiner Spurenbildung kommt. Die Aufgabe des Pflügens hängt vor allem mit agronomischen Problemen, darunter auch die Erosion, und dem Bemühen um eine bessere Arbeitsorganisation zusammen. Die 'Lehrzeit' für die neuen Techniken ist lang und dauert mehrere Jahre. Die Mais-Monokultur wird oft wegen ökonomischer Vorteile der Kultur beibehalten.

Was die angestrebten Ziele angeht, so erreichen die Erträge im Allgemeinen nach einigen Umstellungsjahren wieder ihr ursprüngliches Niveau. Die Wirksamkeit der pfluglosen Bodenbearbeitung im Kampf gegen die Bodenerosion ist dagegen unumstritten.

Auf vier der befragten Betriebe wurde eine ökologische Evaluierung mit der INDIGO[®]-Methode versucht. Sie zeigte Vorteile der pfluglosen Verfahren in den Punkten Humusmanagement (Verbleib der Ernterückstände an der Oberfläche), Pflanzenschutzmitteleinsatz (Nachauflauf-Herbizide im Mais mit besseren Umwelteigenschaften) und Energieverbrauch (geringer bei Maschineneinsatz und Düngung).

Die bei den Landwirten erhobenen Praxiserfahrungen erstrecken sich auch auf die Art und Weise der Umsetzung von pflugloser Bodenbearbeitung unter verschiedenen Standortbedingungen und Fruchtfolgen. Ausgewählt und in Form von Datenblättern vorgestellt werden 27 Anbauverfahren von besonderem Interesse für die Erfahrungsvermittlung, mit Kommentierung durch einen Experten aus der Region.

Vorbehalte oder Zurückhaltung bei den Beratern ... und den Praktikern, die sich Fragen stellen

Die vergleichende Analyse von Befragungen der Wahrnehmung bei 31 Landwirten, die pfluglose Bodenbearbeitung praktizieren und bei 44 Experten aus der Region zeigt eine große Übereinstimmung in der Einschätzung bei den meisten Punkten, die die ökologischen und betrieblichen Vorteile dieser Verfahren betreffen. Dies beinhaltet auch die Langzeiteffekte, die als neutral oder positiv angesehen werden. Oft sind die Praktiker in ihrer Einschätzung positiver als die Experten.

Divergierende Ansichten gibt es beim Punkt 'Hemmnisse für die Entwicklung der pfluglosen Bodenbearbeitung'. Für die Berater stellen Verunkrautungs- und Krankheitsprobleme sowie niedrigere und stärker schwankende Erträge die größten Nachteile pflugloser Bodenbearbeitung dar. Durch den Verzicht auf den Pflug kommt es nach ihrer Ansicht zu höherem Unkraut-, Krankheits- und Schädlingsdruck.

Für die praktizierenden Landwirte stellen sich diese Punkte nicht ganz so problematisch dar. Sie stellen demgegenüber die fehlende Spezialberatung, den Mangel an praktischen Erfahrungen sowie den höheren Beobachtungsbedarf als ziemlich große Probleme dar. Einig sind sich beide Gruppen in der zurückhaltenden Beurteilung der Eignung von Mais in Monokultur für pfluglose Bearbeitung.

Schließlich gibt es abweichende Beurteilungen innerhalb der beiden Gruppen bzw. zwischen deutscher und französischer Einschätzung: Das betrifft z.B. die Wahrnehmung der Landwirte hinsichtlich der Verbesserung der Tragfähigkeit des Bodens, der Problem der Unkraut- und Krankheitsbekämpfung sowie der Eignung pflugloser Verfahren bei tonigen oder feuchten Böden.

Lokale Versuche gestalten sich schwierig, sind manchmal unvollständig und noch zu jung

Am Oberrhein wurden 19 noch laufende oder bereits abgeschlossene Versuche identifiziert. Während die ältesten bis ins Jahr 1989 zurückreichen, sind die Systemversuche, bei denen nicht nur die Bodenbearbeitung geändert, sondern das ganze Anbausystem angepasst wurde, aufgrund der geringen Laufzeit noch zu weniger gesicherten Ergebnissen gekommen als die Anbaupraxis der Landwirte.

Sie bestätigen die Notwendigkeit einer Lehrzeit für die Technik und die Versuchsansteller. Als wichtigste Lehren für die Sicherstellung der Erträge kann man heute anführen: Die Notwendigkeit einer effizienten Unkrautkontrolle, die Vermeidung von Bodenverdichtungen (evtl. Beseitigung), die Grenzen der Direktsaat in den Anbausystemen am Oberrhein sowie die exakte Anpassung der Sätechnik zur Gewährleistung eines guten Feldaufgangs, vor allem bei Mais.

In einigen Versuchen wurde der Effekt verschiedener pflugloser Bearbeitungsverfahren auf die Reduzierung des Oberflächenabflusses und die Stoffverfrachtung gemessen. Übertragbare Ergebnisse liegen noch nicht vor. Schließlich muss noch der genaue Zusammenhang zwischen pflugloser Bearbeitung und Mykotoxinbelastung geklärt werden, um das Risiko beherrschen zu können. Diese Fragen sind noch zu bearbeiten und rechtfertigen die Fortsetzung und Anpassung von regionalen Versuchen zu Verbesserung und Bewertung von pfluglosen Anbauverfahren.

Das Direktsaat-ABC auf Grundlage von schweizerischen Erfahrungen

In der Schweiz entwickelt sich die Direktsaat schnell und betrifft schon 3% der Ackerfläche. Um die mit diesem Verfahren der pfluglosen Bodenbearbeitung gewonnenen Erfahrungen zu nutzen, haben sich die schweizerischen Partner auf diese Alternative konzentriert und beschlossen, auf der Grundlage der Erfahrungen von 20 Landwirten, Lohnunternehmern und Beratern ein Direktsaat-ABC zu erstellen. Die Praktiker fanden etliche unterschiedliche Lösungen für Probleme, die unter verschiedenen Bedingungen durch den Pflugverzicht entstanden waren. Und sie kennen die Gründe für Fehlschläge sowie die noch ungeklärten Fragen, denen sich die Forschung in der Region annehmen sollte. Die Erfahrungen und Empfehlungen wurden nach einer Reihe von Schlüsselbegriffen zusammengetragen und geordnet. Die Langfassung dieser Arbeit ist vorläufig erst in deutscher verfügbar und Bestandteil der CD-Version dieses Berichts.

Fragen/Antworten zur Pfluglosen Bodenbearbeitung am Oberrhein - Zusammenfassung für Entscheidungsträger, für Berater und für Landwirte

Die Aussagen aus der Literatur und der Arbeiten und Erhebungen im Projekt sind in zwei Übersichten zusammengefasst. Die erste behandelt vor allem die Auswirkungen pflugloser Bodenbearbeitung auf Erosion und Wasserqualität, Treibhausgasemissionen, die regionale Agrarwirtschaft sowie die Bedeutung für die landwirtschaftlichen Betriebe. Sie richtet sich hauptsächlich an politische Entscheidungsträger und die Verantwortlichen für Raumplanung und Umweltschutz. Die zweite Übersicht richtet sich an die Praktiker (Landwirtschaftsberater, Versuchsansteller und Landwirte) und behandelt die Veränderung der Bodeneigenschaften, die Anpassungen bei Gerätetechnik und Kulturführung sowie die technischen und wirtschaftlichen Ergebnisse.

Diese Synopsen sind in Form von Antworten auf einfache Fragen formuliert (16 Fragen von Entscheidungsträgern und 20 Praktikerfragen). Die Antworten gehen spezifisch auf die Praxis der pfluglosen Bodenbearbeitung am Oberrhein ein.

A. Einführung in pfluglose Bodenbearbeitung

Was ist pfluglose Bodenbearbeitung?

Die Bezeichnung 'pfluglose Bodenbearbeitungsverfahren' steht für ein sehr breites Spektrum an Verfahren, denen der Verzicht auf das Pflügen und das Wenden der Erde mit dem Streichblech gemein ist. Sie unterscheiden sich nach Intensität und Ort der Lockerung oder durch die Qualität der Vermischung von Pflanzenrückständen mit dem Boden. In Abbildung 1 wird eine **Klassifizierung der Bodenbearbeitungsverfahren** für die vorliegende Arbeit vorgeschlagen. Jedes dieser Verfahren unterscheidet sich durch die Bearbeitungstiefe, die Bearbeitungsintensität und den Vermischungsgrad. Als bodenkonservierend wird ein Verfahren dann eingestuft, wenn mindestens 30% der Ernterückstände an der Oberfläche verbleiben.

- Saat nach tiefer Bodenbearbeitung (> 25 cm)
Die tiefe Bodenbearbeitung kann wendend erfolgen das heißt Pflügen mit Pflug oder Schälppflug oder nicht wendend mit Lockerungsgeräten verschiedenster Art, was großen Einfluss auf die Menge an Pflanzenrückständen an der Bodenoberfläche hat. Die Bearbeitungstiefe entspricht der des herkömmlichen Pflügens. Bei pflugloser Bodenbearbeitung geht es darum, den Boden im Bereich des bisherigen Pflughorizonts zu lockern. Die Sekundärbodenbearbeitung kann mit einer großen Vielfalt von Werkzeugen erfolgen. Diese sind im Rahmen der Verfügbarkeit nach Bodentyp und -zustand auszuwählen.
- Saat nach mitteltiefer Bearbeitung (10 - 25 cm)
Die Bearbeitungstiefe ist in Abhängigkeit von der eingesetzten Technik recht unterschiedlich. Bei diesen Bearbeitungstiefen kann mit bestimmten Geräten vom Typ Grubber eine mischende Bearbeitung erfolgen.
- Saat nach flachgründiger Bearbeitung (< 10 cm)
Die meisten Ernterückstände verbleiben an der Oberfläche. Die Anzahl Bearbeitungsgänge hängt ab von der Wahl des Werkzeugs, dem Boden und der Sätechnik. Die Werkzeuge sind sehr unterschiedlich und die mechanische Bearbeitung betrifft nur die oberflächennahe Bodenschicht auf ihrer Gesamtfläche.
- Direktsaat
Es wird nur die Saatreihe mit einer Spezial-Sämaschine bearbeitet. Die Ernterückstände verbleiben vollständig auf der Bodenoberfläche.

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">• <u>Sonderfall Reihenfrässaat zu Mais</u>
Dieses Verfahren wird seit 1992 im Projektgebiet untersucht und seit 2004 in einem Pilotprojekt in der Praxis verbreitet. Das Verfahren ist z.Zt. noch nicht sonderlich verbreitet, soll aber wegen seiner Anwendung in Forschung und Praxis am Oberrhein hier erwähnt werden. Das Saatgut wird in 35 cm breiten Streifen abgelegt, die im selben Arbeitsgang vorher mit einer Fräse bearbeitet werden, während die restliche Fläche unbearbeitet bleibt. |
|--|


















Bodenbearbeitungsverfahren		Ernterückstände			Art der Werkzeuge	Ablauf der Bodenbearbeitung	Konventionelle Bodenbearbeitung Conventional tillage	Vereinfachte Anbauverfahren Conservation tillage	Bodenprofil auf Bearbeitungstiefe im Ergebnis	Definition
Tiefe der Bearbeitung	Zustand	% in 0-5 cm								
tiefgründig	wendend und mischend	20-30 cm	eingearbeitet	0	Spatenpflug	Pflug + Saatbettbereitung (gezogenes oder Zapfwellen-Gerät) + Sämaschine			konventionelle Bearbeitung (Conventional till ou intensive till) : Ernterückstände bedecken 0-15%* der Bodenoberfläche. * bis zu 30 % im Falle einer flachen, steilstehenden Pflugfurche.	
	nicht wendend	10-20 cm	teilweise eingearbeitet	<30	klassischer Pflug oder Schälppflug					
	nicht wendend	15-25 cm	teilweise eingearbeitet	60	Grubber 'Pseudopflug'	Grubber + Saatbettbereitung (gezogenes oder Zapfwellen-Gerät) + Sämaschine			(Pseudo-Pflug) Grubber (chisel plow) : Der Boden wird vor allem auf den obersten 15 cm bearbeitet, das heißt im Oberboden, auf der gesamten Fläche	
flachgründig	mit Bodenlockerung	15-25 cm	an der Bodenoberfläche	70	Lockerungswerkzeug + klassische Werkzeuge	Lockerungsgerät + Saatbettbereitung (gezogenes oder Zapfwellen-Gerät) + Sämaschine			Lockerung und oberflächliche Bearbeitung ganzflächig: Tiefenlockerung in Verbindung mit einer mechanischen Bearbeitung oberhalb des Saathorizonts auf begrenzte Tiefe in Abhängigkeit von den Umweltbedingungen	
	ohne Bodenlockerung	5-10 cm	an der Bodenoberfläche	80	Klassische Werkzeuge (Kultivator)	Saatbettbereitung (gezogenes oder Zapfwellen-Gerät) + Sämaschine			Flachgründige Bearbeitung ganzflächig : Beibehaltung einer mechanischen Bearbeitung unterhalb des Saathorizonts auf begrenzte Tiefe, je nach Umweltbedingungen	
		< 5 cm	an der Bodenoberfläche	90	Horsch				Mulchsaat (Mulch Till) : Beibehaltung einer mechanischen Bearbeitung oberhalb des Saathorizonts, die eine Bedeckung mit abgestorbener Pflanzenmasse konserviert	
		3 cm 10 cm	an der Bodenoberfläche und eingearbeitet	100 60	besondere Spezialwerkzeuge	Sämaschine und 2x hacken			Dammkultur (Ridge Till / Strip Till) : Alle Maschinen fahren in derselben Spur und die Kulturen stehen immer auf demselben Damm, der niemals verdichtet wird.	
5 cm	an der Bodenoberfläche	95	Spezialwerkzeuge	Streifenbearbeitung + Sämaschine			Streifenbearbeitung (Strip Till) : Der Boden wird nur in einem Streifen von wenigen cm um die Saatreihe herum bearbeitet; dabei wird leicht angehäufelt, um den Aufgang zu erleichtern.			
keine Bearbeitung	Bearbeitung nur in der Saatreihe	3 cm	an der Bodenoberfläche	100	Direktsatwerkzeuge	Scheibensämaschine			Direktsaat (No Till) : Nur die Saatreihe wird mechanisch bearbeitet.	

Abbildung 2: Klassifizierung der Typen der Bodenbearbeitung: was ändert sich und was wird damit bezweckt?

Quellen: TEBRÜGGE & DÜRING (1999); DESWARTES-IHEDREA *et al.* (2001); SOLTNER (2000); VIAUX (2001); BARTHELEMY & BILLOT (1991)

Die pfluglosen Bodenbearbeitungsverfahren - was ändert sich dadurch und wie geht's?

Abbildung 2 (S. 16) illustriert die wichtigsten mechanischen, physikalischen und chemischen Effekte der reduzierten Bodenbearbeitung.

Mechanische Aspekte

Zwei Hauptmerkmale sind kennzeichnend für pfluglose Verfahren:

- ↳ das fehlende Wenden.
Durch das fehlende mechanische Wenden wird die biologische Bodenaktivität direkt verändert. Die veränderte Vertikalverteilung von eingearbeiteten Pflanzenresten und wenig mobilen Nährstoffen ist Folge sowohl des fehlenden Wendens als auch der Zunahme der biologischen Aktivität an der Bodenoberfläche.
- ↳ die Abnahme mechanischer Zerkleinerung an der Oberfläche und in der Tiefe.

Auswirkungen auf die Bodenmerkmale

Wirkungen auf die Wasser- und Wärmeeigenschaften des Bodens

An der Oberfläche wird die Rauigkeit durch die abnehmende Zertrümmerung reduziert und durch die Pflanzenrückstände wieder erhöht. Somit kann sich die Wasserinfiltration in die oberflächennahen Schichten und, vermittelt über die Poren, auch in den tieferen Schichten erhöhen. Übers Jahr gesehen verringert sich der Oberflächenabfluss markant. Unter der Oberfläche wird die bisher vom Pflug (durch Wenden und Krümeln) geschaffene Porosität in Abwesenheit von tiefer Bearbeitung teilweise ersetzt durch eine biologische (geschaffen von Regenwürmern und Pflanzenwurzeln) und physikalische (Rissbildung durch Quellen und Schrumpfen infolge von abwechselnder Durchfeuchtung und Austrocknung) Durchporung. Die spezifische Dichte im Bereich des ehemaligen Pflughorizonts nimmt zu; diese Böden sind damit tragfähiger und weniger anfällig für Erosion, aber bei großen Niederschlägen auch schneller wassergesättigt. Dadurch besteht die Gefahr einer Denitrifizierung (infolge mangelhafter Durchlüftung).

Unter trockenen Bedingungen mit Evaporation sorgt eine Mulchschicht auf der Bodenoberfläche für eine effizientere Wasserversorgung der Kultur im Sommer. Sie behindert aber auch das rasche Abtrocknen des Bodens im Frühjahr. Unter feuchten Bedingungen mit Infiltration wird die Durchlässigkeit (oder Wasserleitfähigkeit) des Profils durch die Kontinuität der Poren (biologischen oder physikalischen Ursprungs) sichergestellt. Diese Kontinuität kann durch eine Schmierschicht (Traktorspuren, ehemalige Pflugsohle oder Schälplugssohle) unterbrochen werden.

Auswirkungen auf die Mineralisierung der organischen Substanz und die Verfügbarkeit mineralischer Nährstoffe.

Die Anreicherung organischer Substanz an der Oberfläche betrifft die Mineralisierung aus dem Humus: Die Einschränkung des Kontakts Boden/Pflanzenreste reduziert die Verfügbarkeit des Stickstoffs für die Mikroorganismen; die verzögerte Erwärmung unter der Mulchschicht verzögert auch die Mineralisierung und kann die Jugendentwicklung

bremsen. Weniger bewegliche Elemente wie Phosphor und Kali lagern sich an die Tonminerale an und stehen an der Oberfläche stärker zur Verfügung.

Auswirkungen auf Fauna und Flora

Das Fehlen der wendenden Bodenbearbeitung begünstigt die Entwicklung einjähriger Gräser (lichtempfindliche Samen mit schwach ausgeprägter Dormanz) sowie Wurzelunkräuter (geringere Aushagerung ihrer Reserven bei Nichtbearbeitung des Bodens; höhere Bodendichte). Dies gilt umso mehr, als auch die Bodenherbizide wegen der Multschicht und der höheren Abbaurate infolge höherer mikrobieller Bodenaktivität schlechter wirken. Die Nicht-Einarbeitung fördert die Regenwürmer, die Kultur-Schaderreger (Mäuse, Schnecken), aber auch die Nützlinge und bestimmte Pilzkrankheiten, die an den Ernterückständen überdauern und die Folgekultur infizieren.

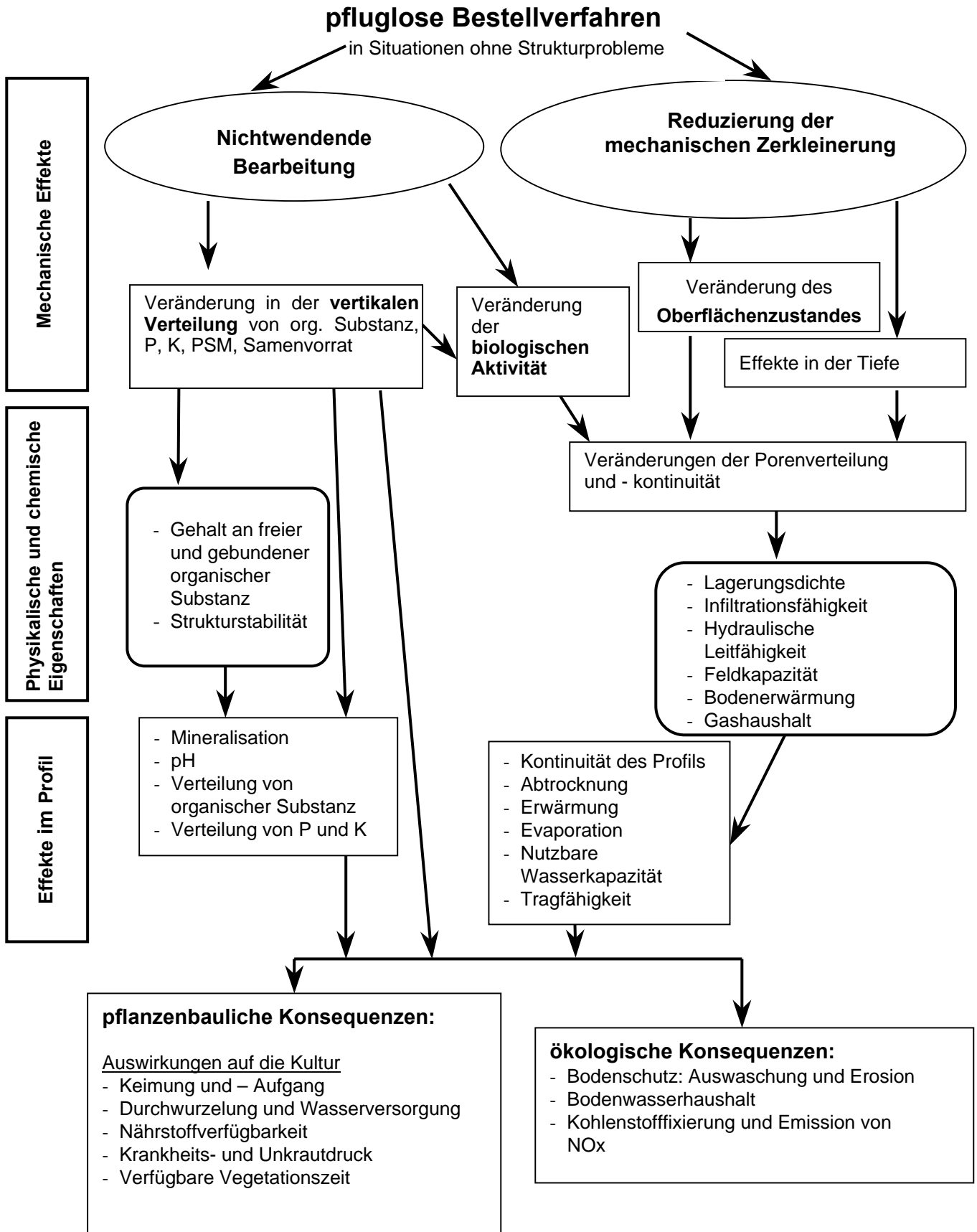


Abbildung 3: Mechanische, physikalische und chemische Effekte der pfluglosen Bodenbearbeitung

Das System Boden und seine Reaktion bei Veränderung der Bodenbearbeitung

Durch Umstellung der Bodenbearbeitung verändern sich grundlegende Eigenschaften des Bodens. Dies betrifft die Gesamtheit der Bodenfunktionen in Bezug auf die landwirtschaftlichen Produktion (z.B. Verfügbarkeit von Wasser und Nährstoffen, Änderungen der Bodentemperatur, Unkraut- und Schädlingsdruck, Befahrbarkeit), aber auch ökologischen Bodenfunktionen (z.B. Wirkung als Filter und Puffer, Wasserspeicher).

Mit der Zeit wird ein physikalisch-chemisches Gleichgewicht des Bodens geschaffen, das sich in Abhängigkeit von der Witterung, der Bodenbedeckung und den Bearbeitungsverfahren einstellt. Zahlreiche Merkmale sind in Interaktion (vgl. Abbildung 2). Die Effekte bedingen sich teilweise gegenseitig und sind nicht isoliert voneinander zu betrachten, sondern sind vielmehr Komponenten, die durch ein unterschiedliches Bewirtschaftungssystem des Produktionssystems „Boden“ beeinflusst werden. Den negativen Aspekten kann durch eine Fülle von Maßnahmen begegnet werden. Im Projekt wurden Lösungsansätze erarbeitet und einzelne Faktoren und Ursache-Wirkungsprinzipien zwischen den benannten Einflussgrößen auf den Erfolg reduzierter Bodenbearbeitung herausgearbeitet. Die Abbildung gibt einen Überblick über das Geflecht von biotischen und abiotischen Faktoren und deren Wechselwirkungen. Die Ertragsbildung als zentrales Anliegen des landwirtschaftlichen Anbaus (Mitte) wird von den Behandlungen durch den Landwirt (linker Balken) und den Standortfaktoren (oberer Balken) beeinflusst.

Der Bodenzustand als ebenfalls bestimmender Faktor für den Erfolg der Pflanzenproduktion unterliegt bereits Wechselwirkungen zwischen Standort- und anthropogenen Faktoren einerseits und den zahlreichen ablaufenden Prozessen andererseits (Felder in der Mitte der Grafik). Diese können eingeteilt werden in Eigenschaften des Bodens (oben links, braun), Prozesse des Pflanzenwachstums und – abbaus (Mitte, grün), des Bodenwasserhaushaltes (rechts, blau) und des Nährstoffhaushaltes (unten, gelb), die wiederum eng miteinander vernetzt sind. Einige davon wirken kurzfristig, andere können zu einer langfristigen Veränderung des Bodenzustands und der Ertragsbildung beitragen. Insbesondere darf die Bewertung der Wirkungen auf die landwirtschaftliche Produktion und auf die Umwelt nicht von den anderen Aspekten des Anbausystems losgelöst betrachtet werden. Alle pflanzenbaulichen Maßnahmen (z.B. Aussaatdichte, Dünung, Pflanzenschutz, Zwischenfruchtmanagement) müssen an den neuen landwirtschaftlichen Produktionsprozess angepasst werden.

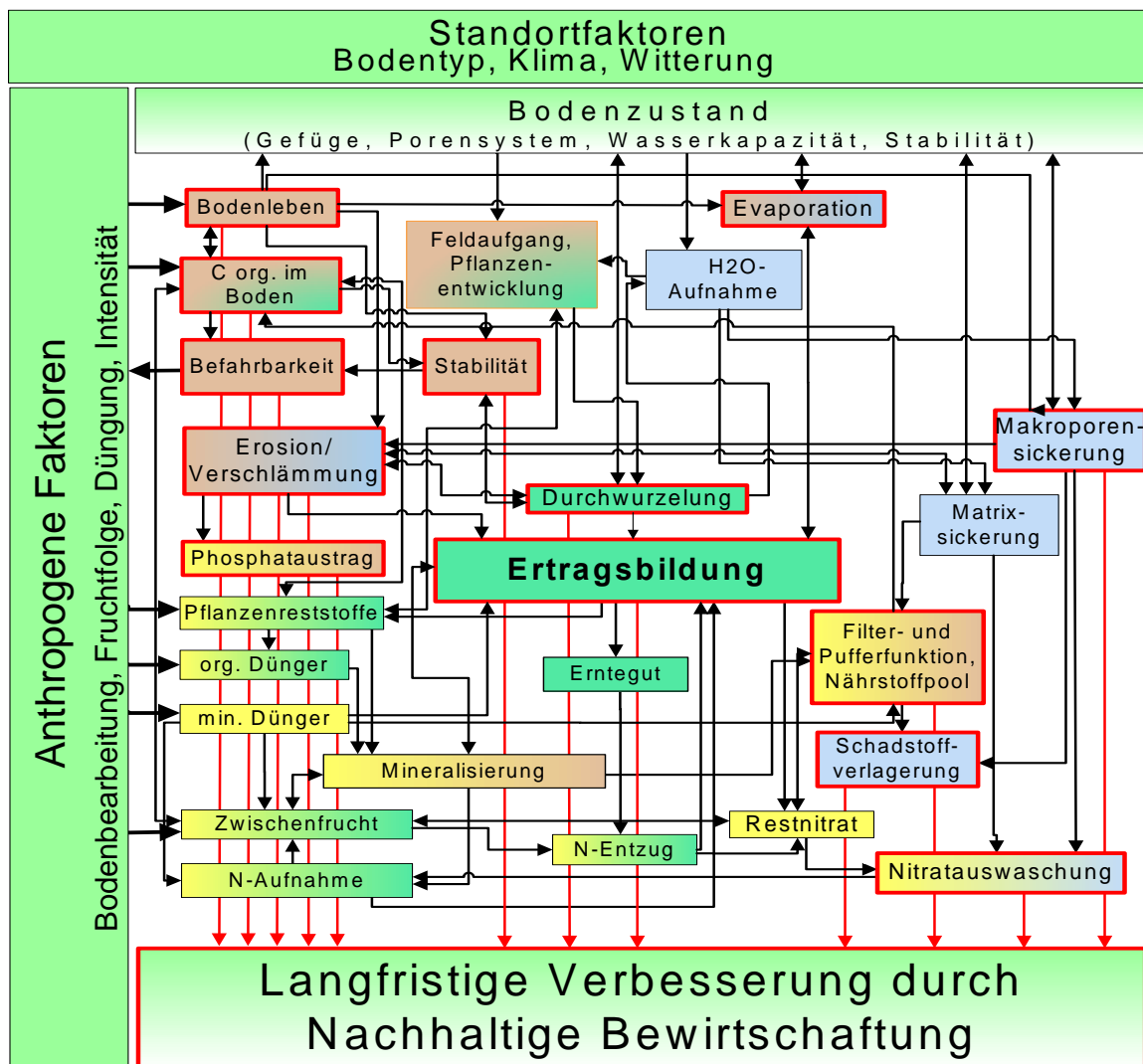


Abbildung 4: Wechselwirkungen Zwischen Kulturen (grün), Boden (braun), Nährstoffen (gelb) und Wasserhaushalt (blau).

Eigene Darstellung aus zahlreichen Quellen, z.B. RICHTER (1995), KANÉ (2000), TEBRÜGGE (2001), DÜRING et al. (2001), VOßHENRICH (2001), BUCHNER & KOLLER (1990)

B. Warum sind die pfluglosen Anbautechniken am Oberrhein interessant?

Seit Ende der neunziger Jahre und angesichts der Zunahme von Erosionsphänomenen, die Ortschaften beiderseits des Rheins betreffen, verursacht die Erosionsproblematik zahlreiche Gespräche und Diskussionen zwischen lokalen Landwirten und Vertretern der betreffenden Regionen. Pfluglose Bodenbearbeitung als vorbeugende landwirtschaftliche Maßnahme gegen Erosion scheint schon kurzfristig, also direkt nach der Etablierung, eine gute Wirkung zu zeigen.

Öffentliches Interesse an der Erosionsproblematik auf landwirtschaftlichen Flächen

Die Vertreter der kommunalen und regionalen Körperschaften in mehreren Gemeinden werden mit der Frage des Umgangs mit Erosionsproblemen auf landwirtschaftlichen Flächen konfrontiert. Auf verschiedenen Ebenen sind bereits Vorkehrungen getroffen worden, um Maßnahmen zur Bekämpfung der Erosion zu fördern. In Baden-Württemberg sieht das MEKA-Programm (MarktEntlastungs - und Kulturlandschafts-Ausgleich) seit 2000 unterstützende Maßnahmen für Landwirte vor, die zum Pflugverzicht übergegangen sind. Allerdings ist derzeit vor dem Hintergrund leerer öffentlicher Kassen für Betriebe, die bisher nicht am MEKA teilgenommen haben, ein Neueinstieg in das Programm nicht mehr möglich. Die Landesanstalt für Pflanzenbau Forchheim förderte 1989-1990 mit dem Pilotprojekt „Bodenerosion und Bodenbearbeitung im Kraichgau“ die Einführung pflugloser Verfahren in dieser von Erosion stark betroffenen Region. Auf französischer Seite übernahm das Programm CTE (Contrat Territorial d'Exploitation) bis zum Jahre 2002 einen Teil der Investition für die Anschaffung spezifischer Technik zum pfluglosen Anbau. Außerdem werden flächenbezogene Ausgleichszahlungen angeboten. Das Programm CTE ist inzwischen durch CAD (Contrat d'Agriculture Durable) ersetzt worden. Der Conseil Général du Bas-Rhin hat im Jahre 2003 zwei Sämaschinen für Direktsaat von Getreide und Mais beschafft, um sie Landwirten des Departements zur Verfügung zu stellen. Interessierte Betriebe können so mit geringen Kosten erste Versuche zur Direktsaat unternehmen, da die Abschreibungskosten der Geräte vom Conseil Général getragen werden. In der Region Haut-Rhin sind PPRN (Vorbeugungspläne vor natürlichen Risiken) eingeführt worden. Sie sollen die Landwirte motivieren, an Aktionen zur Bekämpfung der Erosion teilzunehmen (z.B. Einführung von grassed waterways, d.h. Wieseneinsaat in empfindlichen Zonen). Allerdings ist eine flächenhafte Verbreitung der pfluglosen Bodenbearbeitung für viele Landwirte nur mit einer wirksamen Unterstützung denkbar: fundierte Kenntnisse der Techniken und ihrer Wirkungen auf Boden und Umwelt und der wirtschaftlichen Folgen müssen durch Beratung vermittelt werden.

Neue Herausforderungen für die Landwirte

Der Pflugverzicht stellt eine wirksame Maßnahme der Landwirte zur Bekämpfung der Erosion dar, aber er wirft auch einige Probleme technischer Art auf.

Einige Landwirte am Oberrhein haben bereits in Eigenversuchen, d.h. ohne Unterstützung durch die Beratung, erfolgreich pfluglose Bodenbearbeitungsverfahren auf ihren Betrieben eingeführt, um auf die Erosionsprobleme zu reagieren. Das verfügbare Wissen zur Praxis dieser Anbausysteme ist allerdings begrenzt und viele Fragen sind noch offen. Viele landwirtschaftliche Berater gestehen, nicht über ausreichende Kenntnisse und Informationen zu verfügen, um diese Landwirte ausreichend zu beraten und zu unterstützen. Parallel dazu stellen immer mehr andere Landwirte das Pflügen in Frage. Sie stehen entweder vor denselben Erosionsproblemen, oder ihr Interesse an den pfluglosen Verfahren begründet sich auf andere Aspekte: Erhalt der Bodenfruchtbarkeit, betriebliches Arbeitszeitmanagement oder Reduzierung der Anbaukosten aufgrund ständig sinkender Erzeugerlöhne für landwirtschaftliche Produkte.

Der wirtschaftliche Zusammenhang: Gemeinsame Agrarpolitik und Globalisierung

Neben den Umweltauswirkungen der landwirtschaftlichen Produktion und dem Erhalt der natürlichen Ressourcen (Qualität des Wassers und Fruchtbarkeit der Böden) kommen von wirtschaftlicher Seite zusätzliche Anforderungen hinzu. Der Rückgang der Preise auf zahlreichen landwirtschaftlichen Sektoren erfordert eine Optimierung der Herstellungskosten und eine Verbesserung der Arbeitsproduktivität, was im Sektor Ackerbau durch die Einführung pflugloser Anbauverfahren in bestimmten Fällen möglich ist (Robert et al, 2003).

C. Das Ziel: Regionale Datensammlung zur reduzierten Bodenbearbeitung

Die Kombination der genannten Anforderungen stellt die Landwirtschaft an die Schnittstelle der gesellschaftlichen, ökologischen und wirtschaftlichen Erwartungen und Anforderungen. Diese Aspekte können in einer Datensammlung zur pfluglosen Bodenbearbeitung berücksichtigt werden.

Was ist eine Datensammlung?

Die Datensammlung ist der Zusammenschluss der Kenntnisse und der Referenzen, die von verschiedenen Beteiligten zum Thema pfluglose Landwirtschaft gesammelt wurden. Diese Informationen werden zusammengefasst und bewertet. Sie führen zu praktischen Empfehlungen, die einen Konsens zwischen den beteiligten Akteuren (Input-Geber = Experten aus Wissenschaft, Landwirtschaftsverwaltung und Praxis) und der Zielgruppe der Unterlagen (Empfänger) bilden sollten. Zur Auswertung der Erfahrungen der Landwirte wurde von den Partnern eine Methode ausgewählt, die auf dem regionalen Bezugssystem des Elsass basiert.

Die Datensammlung stützt sich auf die Ergebnisse mehrerer Arbeiten: Bibliografie, Erhebungen auf pfluglos arbeitenden Betrieben, Befragungen bei Landwirten, landwirtschaftlichen Experten und Meinungsbildnern, Auswertung der Ergebnisse wissenschaftlicher Versuche sowie Umweltbewertung mit dem Modell INDIGO.

Gründe für eine regionale Datensammlung

Der regionale Ansatz berücksichtigt die spezifischen und physikalischen Bedingungen (Geomorphologie, Pedologie, klimatische und hydrologische Verhältnisse) und Zielkonflikte zwischen Gewässerschutz, Bodenschutz und dem Erhalt der Rentabilität der regionalen Landwirtschaft. Andererseits haben sich durch die natürlichen Bedingungen am Oberrhein aufgrund der Reform der GAP von 1992 und den verfügbaren Wasservorräten besondere und intensive Kultursysteme entwickelt. Dies erfordert bei der Erstellung einer Datensammlung einen regionalen Bezug, um in Einzelaspekten auf die hiesigen Bedingungen eingehen zu können. Nichtsdestotrotz können auch Aussagen und Forschungsergebnisse aus anderen Gebieten für den Oberrhein Gültigkeit haben, was aber im Einzelfall überprüft sein muss.

Das Ziel der Datensammlung besteht darin, eine Aufstellung praktischer Empfehlungen mit Angaben zu agronomischen, ökologischen und wirtschaftlichen Perspektiven der Bodenbearbeitung bereit zu stellen, die für die regionalen Produktionsbedingungen am Oberrhein zusammengefasst wurden.

Die Analyse der Bedürfnisse der Beteiligten, die Identifikation des Handlungsrahmens und die Prüfung der Auswirkungen, die die in Betracht gezogenen Änderungen auf die Betriebe und den natürlichen Lebensraum haben können, sollen Landwirte und Berater auf der Suche nach praxistauglichen Informationen über pfluglose Bodenbearbeitung unterstützen. Gleichzeitig soll der öffentlichen Hand eine Entscheidungsgrundlage zur Verfügung gestellt werden, um über die mögliche Unterstützung der Betriebe bei der Umsetzung dieser Verfahren zu urteilen.

D. Methoden und Ergebnisse

Das Projekt wurde durchgeführt und ausgewertet von Agraringenieuren der ARAA, von ANNA und vom IfuL. Es bezieht sich vor allem auf die Verhältnisse des Oberrheingebietes. Ziel des Projekts ist die Zusammenstellung der Vor- und Nachteile von reduzierter Bodenbearbeitung. Hinzu kommen die Analyse der Bedürfnisse der Akteure, die Beschreibung der Voraussetzungen sowie die möglichen Auswirkungen, die die Veränderungen für die Landwirte und die Umwelt nach sich ziehen könnten.

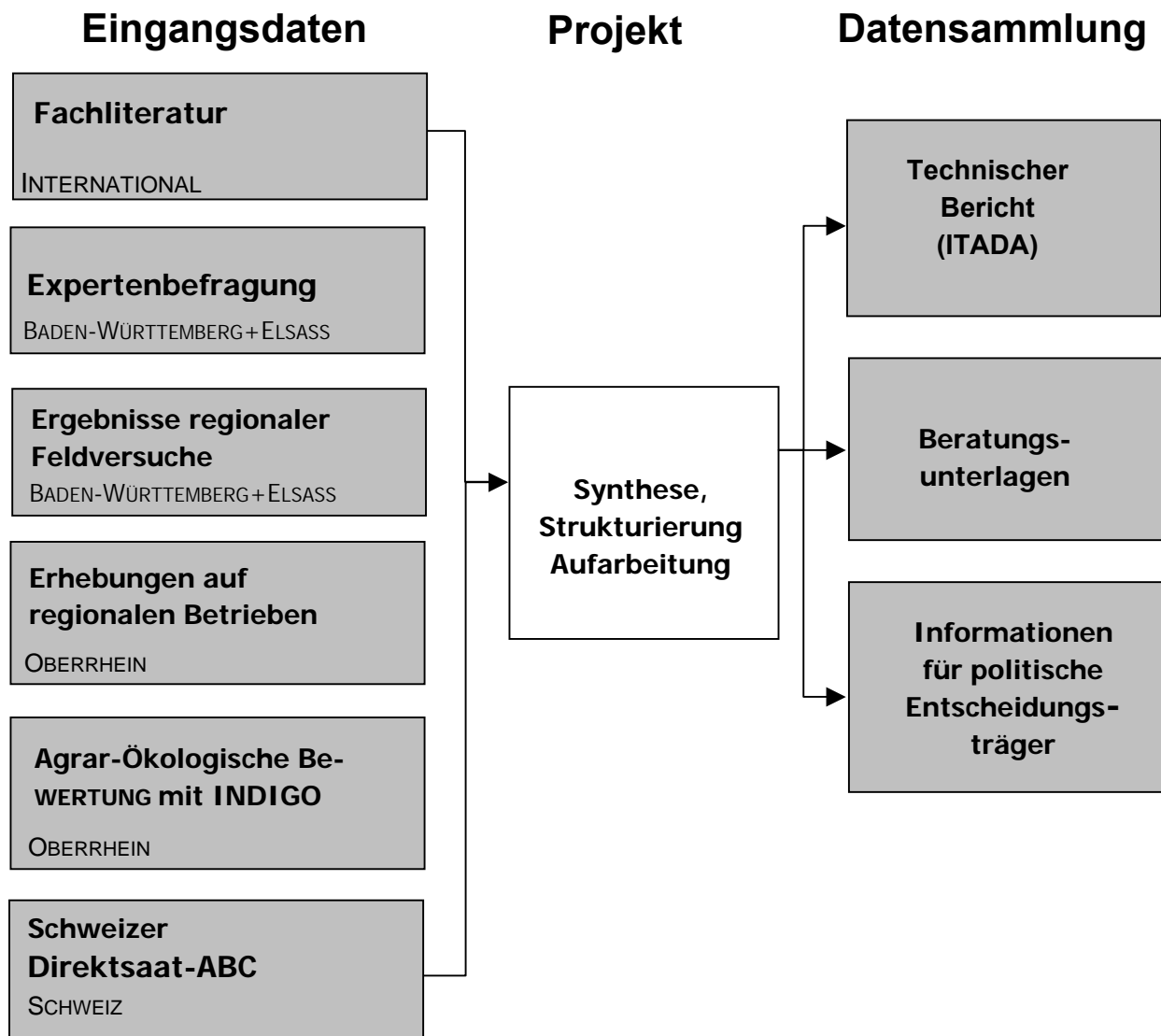


Abbildung 5: Arbeiten und Berichte im Rahmen des Projekts

Literaturlauswertung

Im Rahmen einer Literaturlauswertung wurden wissenschaftliche Publikationen, primär aus Frankreich, Deutschland und der Schweiz, aber auch weltweite Veröffentlichungen ausgewertet. Die Ergebnisse wurden nach gemeinsamer Durchsicht zusammengestellt und thematisch gegliedert.

Befragungen von Experten und Landwirten

Diese Befragung wurde zu Beginn des Projekts durchgeführt, mit dem Ziel, die Standpunkte und Fragen der Landwirte sowie der Experten und Meinungsbildner zur pfluglosen Bodenbearbeitung zu sammeln und die Übereinstimmungen und Abweichungen zur Sichtweise der Landwirte und den Ergebnissen der Literaturlauswertung zu ermitteln. Der Fragebogen dieser 'geschlossenen' Befragung wurde auf dem Postweg übermittelt.

Die angefragten Personen sind in mehr oder weniger direktem Kontakt mit den Landwirten: Landwirtschaftliche Berater der Offizialberatung, Berater und Vertreter von Handel und Genossenschaften sowie weitere Personen mit Tätigkeiten auf den Gebieten Technik, Handel und Verwaltung in der Landwirtschaft.

Befragung zur Praxis der pfluglos arbeitenden Landwirte

Diese Befragung erfolgte in semi-direktiver Form (Gesprächsleitfaden) und hatte zum Ziel, die Gesamtstrategie der Betriebe zu erfassen und dann deren Praxis der pfluglosen Bodenbearbeitung zu dokumentieren.

Die Funktionsanalyse des landwirtschaftlichen Betriebs zeigt den Rahmen auf, in dem die pfluglose Bodenbearbeitung praktiziert wird sowie die entscheidenden Punkte für die Wahl der konkreten Verfahren in Abhängigkeit von der Strategie des Landwirts. Verwendet wird dabei die Methode des Ganzheitlichen Betrachtungsansatzes eines landwirtschaftlichen Betriebs. Die Erhebung erfolgt auf den Betrieben. Somit decken diese Befragungen die gängige Praxis auf.

Befragt wurden nur Landwirte, die pfluglos arbeiten oder gearbeitet haben. Auf deutscher Seite wurden alle Betriebe angefragt, die auf Anfrage von den Landwirtschaftsämtern genannt wurden. Auf französischer Seite erfolgte die Auswahl der Betriebe nach Standort-einheiten und pfluglosen Bewirtschaftungssystemen, so dass für jede Mikroregion 2-3 Landwirte zusammenkamen. Insgesamt wurden vom jeweiligen Projektbearbeiter 16 deutsche und 21 französische Landwirte befragt, die ca. 5 Stunden ihrer Zeit für die Befragung geopfert haben. Die Ergebnisse dieser Befragung wurden auf französischer Seite ausgewertet. Diese Arbeit war Gegenstand einer Ingenieurs-Abschlussarbeit (Granveaux, E., 2004).

Agrar-ökologische Bewertung pflugloser Bodenbearbeitungsverfahren

In früheren Arbeitsprogrammen des ITADA wurden Instrumente zur Analyse möglicher Wirkungen landwirtschaftlicher Bewirtschaftungsmaßnahmen auf die Umwelt entwickelt. Ausgewählt wurde die von INRA und ARAA entwickelte wissenschaftliche Evaluierungsmethode INDIGO®. Mit dieser Methode konnten die verschiedenen technischen Ansätze von Verfahren der pfluglosen Bodenbearbeitung bewertet werden. Diese Bewertung wurde sowohl für die in Frankreich als auch für die in Deutschland ermittelten Verfahren vom deutschen Projektpartner geleistet. Mit INDIGO konnte auch die Gesamtwirkung der Einführung pflugloser Bodenbearbeitungsverfahren auf vier Betrieben bewertet werden. Die Ergebnisse dieser Bewertungen fließen in die gemeinsame agrar-ökologische Schlussbetrachtung ein.

Zusammenstellung bestehender Versuche

Eine Zusammenstellung aller Versuche auf deutscher und französischer Seite stellt jeden Versuch auf einer Seite vor. In diesem Versuchspass stehen die wichtigsten Merkmale wie Bodentyp, geo- und topographische Lage, Zielsetzung, geprüfte Varianten, Verzeichnis der gemessenen Parameter sowie die wichtigsten Ergebnisse.

Im Projektgebiet wurden 19 Versuche identifiziert, die im Anhang vorgestellt werden. Diese Versuche hatten zum Ziel, die Wirkung verschiedener Geräte auf den Ertrag zu messen und die Bodenmineralisierung sowie die Nitratauswaschung abzuschätzen. Neben der Ertragsermittlung ging es dabei auch um die Verlagerung von Pflanzenschutzmitteln mit dem Oberflächenabtrag sowie die Bodenerosion durch Oberflächenabfluss. Einige der französischen Versuche waren Gegenstand von Studienarbeiten, die von ITADA unterstützt wurden (Armand, R., 2004). In einer gemeinsamen Auswertung werden die wichtigsten Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen dieser Versuche für die Möglichkeiten pflugloser Bodenbearbeitung am Oberrhein gezogen.

Schweizer Direktsaat ABC

Als Schweizer Beitrag zum Projekt wurden von Praktikern Aussagen speziell zur Direktsaat eingeholt und für Praktiker aufgearbeitet. Erfahrungen und Beobachtungen von 20 Direktsaat praktizierenden Schweizer Landwirten, Lohnunternehmern und einigen Beratern wurden anhand von Stichworten abgefragt. Die Zusammenstellung der abzugragenden Stichworte durch die Projektgruppe orientiert sich dabei an den aktuellen Themen im Zusammenhang mit Direktsaat.

Bei der Auswahl der Interviewpartner wurde darauf geachtet, dass unterschiedliche Berufsgruppen und verschiedene Anwendungsgebiete der Direktsaat berücksichtigt werden und die Standorte über das gesamte Schweizer Mittelland verteilt sind, so dass die unterschiedlichen Standortbedingungen in der Schweiz abgedeckt sind.

Auf den Einbezug von Wissenschaftlern wurde bewusst verzichtet, da die Erfahrungen von Praktikern im Vordergrund standen.

Mit Unterstützung der SWISS NO-TILL wurden die Antworten ausgewertet und in Form eines Direktsaat ABC zusammengefasst, das im Internet unter der Adresse <http://www.no-till.ch> unter der Rubrik ‚Direktsaat ABC‘ in der deutschen Version eingestellt. Gemäss den Zielsetzungen dieses Projektteiles wurde das Internet für die Veröffentlichung des Direktsaat ABCs gewählt, damit Informationen zum Anbausystem auch nach Ablauf des Projektes einfach und rasch dem neusten Kenntnisstand angepasst werden können.

1 Literaturlauswertung zur pfluglosen Bodenbearbeitung

1.1 Methodik und Zielsetzungen der Arbeit

Die Ergebnisse wissenschaftlicher Veröffentlichungen und Kernaussagen aus der Durchführung regionaler Feldversuche in Frankreich, Deutschland und der Schweiz wurden zusammengetragen. Zahlreiche weitere Veröffentlichungen kommen aus den Vereinigten Staaten, aus Kanada, England und aus den Schweizer (Zollikofen, Changins) und deutschen Forschungsinstitutionen (Hessen) und von Langzeitversuche von INRA und Arvalis (Boigneville, Baziège).

Diese Ergebnisse werden vervollständigt und werden durch Ergebnisse angepasst, die für die regionalen Anbausysteme und unter den pedoklimatischen Bedingungen des Oberrheins in südbadischen und elsässischen Versuchen erzielt wurden.

1.2 Vorstellung der Übersicht

Die Auswirkungen pflugloser Anbausysteme werden unter drei Hauptkategorien vorgestellt: (Auswirkungen auf die Landwirtschaft, Auswirkungen auf den Boden und Auswirkungen auf die Umwelt) und in 27 Themenbereiche untergliedert.

Die Verbindung zwischen den verschiedenen Komponenten wird schematisch in der Tabelle auf der folgenden Seite vorgestellt:

- **Landwirtschaftliche Aspekte:**

die technischen Aspekte der Einführung pflugloser Anbausysteme (verwendetes Material, Etablierung und Beseitigung der Pflanzenbestände, Perspektiven der Einführung von Fruchtfolgen und Winterbegrünung). Danach folgen die Auswirkungen in Bezug auf die Entwicklung von Unkräutern, Krankheiten und Schädlingen und die Entwicklungen von Ertrag, Arbeitszeit und wirtschaftliche Ergebnisse (Deckungsbeitrag).

- **Agronomische Aspekte:**

behandelt die Auswirkungen pflugloser Bodenbearbeitung auf den Boden in den drei Kategorien chemische, biologische und physikalische Auswirkungen.

- physikalisch: Durchlässigkeit, Strukturstabilität, Lagerungsdichte, Wasserhaushalt und -leitfähigkeit, thermisches Verhalten, Tragfähigkeit
- chemisch: pH, organische Substanz, Phosphor und Kalium, Stickstoff (Mineralisierung, Umsetzung, Entzug und praktische Folgen für das Stickstoffmanagement)
- biologisch: Regenwürmer und biologische Aktivität.

- **Umweltaspekte:**

Abfluss von Niederschlagswasser (Rinnen) und von Sedimenten (Erosion), von Düngern, Pflanzenschutzmitteln, Emission oder Fixierung von Treibhausgasen.

Tabelle 16: Kapitel und Themen der Bibliografie

Landwirtschaftlicher Aspekt	Agronomischer Aspekt des Bodens	Umweltaspekt
<ul style="list-style-type: none"> • Material • Saat und Aufgang • Fruchtfolge und Zwischenfrüchte • Unkraut • Krankheiten/Schädlinge • Ertrag • Wirtschaft und Arbeitszeit 	<p>Physikalische Bodeneigenschaften</p> <p>Boden</p> <ul style="list-style-type: none"> • Durchlässigkeit • Strukturstabilität • Lagerungsdichte • Tragfähigkeit <p>Wasser</p> <ul style="list-style-type: none"> • Wasserspeicherkapazität • Wasserleitfähigkeit • Thermisches Verhalten 	<ul style="list-style-type: none"> • Abfluss von Sedimenten (Erosion) • Abfluss von Niederschlagswasser • Austrag von Nährstoffen • Austrag von Pflanzenschutzmitteln • Emission oder Fixierung von Treibhausgasen
	<p>Chemische Bodeneigenschaften</p> <ul style="list-style-type: none"> • pH • organische Substanz, • Phosphor, Kalium • Mineralisation • Denitrifikation • N-Einbau (in Humus) • N-Umsetzung (v. Zufuhr) 	
	<p>Biologische Bodeneigenschaften</p> <ul style="list-style-type: none"> • Regenwürmer • biologische Aktivität 	

Die Aussagen der Literatur sind zu gewissen Punkten ziemlich widersprüchlich, was auf verschiedene Faktoren zurückzuführen ist:

- die Art der Bodenbearbeitung: der Begriff „Pfluglose Bodenbearbeitung“ fasst ein breites Spektrum von tiefer, nicht wendender Bearbeitung bis hin zur Direktsaat zusammen. Die zu beobachtenden Ergebnisse sind Verschieden und stellen sich unterschiedlich schnell ein.
- unterschiedliche pedo-klimatische Versuchsbedingungen, die nicht immer zusammen mit den Ergebnissen dokumentiert sind
- Die Art der Versuchsanstellung: Ein- oder mehrfaktorielle Versuche; Versuche, bei denen lediglich die Bodenbearbeitung variiert wird oder Versuche auf der Grundlage von Entscheidungsregeln, die bestimmte, bereits bekannte Effekte pflugloser Bodenbearbeitung berücksichtigen (Systemvergleiche). Letztere führen in der Regel zu besseren Ergebnissen bei den pfluglosen Verfahren.

1.3 Organisation der Ergebnisse, die in der Synthese vorgestellt wurden - Gebrauchsanweisung zum Dokument

In diesem Dokument sind die Ergebnisse von Feldversuchen zu pfluglosen Anbauverfahren mit dem Pflug verglichen. Jedes Thema wird in 3 Ebenen vorgestellt (s. Anhang 1.1):

Zuerst werden allgemeine Schlussfolgerungen gezogen, dann folgen die detaillierten Ergebnisse. Anschließend werden die im Dokument verwendeten Quellen aufgeführt.

Die allgemeine Schlussfolgerung zu jedem Thema wird zu Beginn des Dokumentes vorgestellt, um dem Leser die Möglichkeit zu bieten, sich in kurzer Zeit über einige Kernaussagen und Hauptschlussfolgerungen zum jeweiligen Thema zu informieren.

Danach werden für jedes Thema die detaillierten Ergebnisse der Veröffentlichungen nach verschiedenen einschlägigen Parametern mit Erwähnung der Autoren aufgeführt.

Die Relevanz jedes Parameters hängt von der Fähigkeit ab,

- ein bestimmtes Phänomen zu erklären, sowie
- von der Notwendigkeit, sich jedem Thema aus verschiedenen Perspektiven zu nähern (z.B. wird für die wirtschaftlichen Auswirkungen der pfluglosen Techniken von Maschinenkosten, Betriebsmittelkosten und Erlös gesprochen) sowie
- von der Verfügbarkeit dieser Informationen in den verwendeten Quellen.

Die Auswirkungen des Pflugverzichts auf jeden dieser Parameter werden in Anhang 1.1 dargestellt und folgendermaßen bewertet::

	im Vergleich zum Pflügen
(+)	besser
(-)	schlechter
(=)	gleichwertig
(~)	unterschiedlich
(?)	ungewiss

Schließlich wird für jedes Thema eine Liste der Autoren, die im vorhergehenden Teil zitiert werden, mit Erwähnung der Versuchsbedingungen angegeben, unter denen diese Ergebnisse erzielt wurden. Je nach Möglichkeit und Verfügbarkeit der Angaben werden hier Zusatzinformationen zu Region, Bodentyp, Technik der Bodenbearbeitung sowie zu den untersuchten Kulturen und Fruchtfolgesysteme zusammen mit der Laufzeit des Versuches angegeben. Jeder Referenz ist ein Zeichen beigelegt; das die Ergebnisse gemäß ihres Typs und ihrer Herkunft einordnet.

Abkürzung	Art der Information	
M	Mechanismus	Art des zugrundeliegenden Mechanismus
Ea	Allgemeine Ergebnisse	Ergebnis einer Expertenaussage
Ev	Ergebnisse aus Versuchen	Versuchsdaten und Bedingungen liegen vor
El	Laborergebnisse	Versuch unter Laborbedingungen
Es	Ergebnisse einer Simulation	Simulation unter nicht natürlichen Bedingungen

1.4 Die wichtigsten Ergebnisse

Die Einzelheiten der Ergebnisse der Literaturlauswertung werden im Anhang 1.1 dargestellt.

Die Wirkungen von 'pfluglosen Verfahren' im Vergleich zu 'gepflügt' (Tab. 1-3) können folgendermaßen klassifiziert werden: positiv (+), negativ (-), unklar oder veränderlich (~). Die Auswirkungen auf die Verfrachtung von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln in Gewässer wird in den Tabellen 4-6 dargestellt.

Tabelle 17: Technisch-ökonomische Wirkungen pflugloser Verfahren im Vergleich zu 'gepflügt'

positiv (+)	unsicher oder wechselnd (~)	negativ (-)
<p>Technisch-wirtschaftliche Effekte</p> <p>Unkräuter: Langfristige Abnahme durch Erschöpfung des Samenvorrats, sowohl bei Direkt- als auch bei Mulchsaat (Mulcheffekt).</p> <p>Zeitaufwand: Abnahme des Arbeitszeitbedarfs.</p> <p>Einsparungen: bei variablen Maschinenkosten (Kraftstoff, Unterhalt, Reparaturen) sowie beim Maschinenkapital; Deckungsbeitrag steigt. Erhaltung des Ertragsniveaus bis auf wenige dt/ha und Entschärfung von Problemsituationen (Erosion, Trockenheit).</p>	<p>Unkräuter und Einsatz von Pflanzenschutzmitteln: Effekte der Unkrautbekämpfungsqualität, der Qualifikation des Landwirts und der Fruchtfolge sind genauso wichtig wie die Art der Bodenbearbeitung (zusätzliche Behandlungen bei Direktsaat).</p> <p>Stickstoffmanagement: Notwendigkeit der Verstärkung der ersten Frühjahrsgabe in manchen Jahren gegeben, je nach Art der Bodenbearbeitung, der Kultur (Mais) oder der Löslichkeit des Düngemittels.</p>	<p>Saat und Auflauf sind heikler: ungleichmäßig, ungleichzeitig, mangelnde Wurzelentwicklung.</p> <p>Unkräuter: durch die Anbausysteme Entwicklung und Selektion von Gramineen und Wurzelunkräutern; bleibt aber noch beherrschbar.</p> <p>Krankheiten: Mykotoxin bei riskanten Systemen: nach Körnermais, Mais-Mais-Fruchtfolge bei Direktsaat.</p> <p>Schädlinge: Feld- und Hausmaus, Schnecken, aber auch Nützlinge (Laufkäfer).</p> <p>Wirtschaftlichkeit: Rückgang der Erlöse und Zunahme des Betriebsmittelaufwands (Pflanzenschutz).</p> <p>Erträge: auf ganzjährig wassergesättigten Böden, auf stark verdichteten Lehmböden ohne Lockerung, bei Mais mit schlechtem Feldaufgang in den ersten Jahren nach Umstellung auf pfluglose Bearbeitung.</p>

Tabelle 18: Landbauliche Wirkungen pflugloser Verfahren im Vergleich zu 'gepflügt'

positiv (+)	unsicher oder wechselnd (~)	negativ (-)
<p>Wirkung auf den Boden</p> <ul style="list-style-type: none"> • Strukturstabilität • Tragfähigkeit • Wasserspeichervermögen: Versorgung im Sommer (Evaporationsphase) besser. • Wasserleitfähigkeit: Infiltration und Verlagerung im Profil. • Organische Substanz: Zunahme durch 'Mulcheffekt. • Mineralisierung: Keine Mineralisierungsspeaks, mittel- und kurzfristig gleiche Mineralisierungsmengen. • Regenwürmer: starke Zunahme mit mittelfristigen Auswirkungen auf die Poren im Profil. • Biologische Aktivität: Konzentration an der Oberfläche. 	<ul style="list-style-type: none"> • Poren: je nach <ul style="list-style-type: none"> - Tiefe der Messung und der Bearbeitung: mehr Poren ohne als mit Bearbeitung - der Anzahl Jahre in pflugloser Bearbeitung: kurzfristig Abnahme (fehlende Lockerung), langfristig Zunahme (biologische und Wurzelporen), - der Jahreswitterung (trockene Witterung fördert die Rissbildung, feuchte Witterung bei Feldarbeiten erhöht die Gefahr von Bodenverdichtungen) - Porentyp unterschiedliche Effekte auf die Bodenverhältnisse (Belüftung, Wasserverdaulichkeit, Durchwurzelung). 	<ul style="list-style-type: none"> • Bodenfeuchte: langsamere Abtrocknung im Frühjahr. • Thermisches Verhalten: Langsamere Jugendentwicklung und geringere Durchlüftung (Porosität). • Versauerung an der Oberfläche. • Mineralisierung im Frühjahr kurzfristig schwächer (feucht); • Humusanreicherung und Denitrifizierung stärker.

Tabelle 19: Umweltwirkungen pflugloser Verfahren im Vergleich zu 'gepflügt'

positiv (+)	unsicher oder wechselnd (~)	negativ (-)
<p>Wirkungen auf die Umwelt</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reduzierung des Oberflächenabflusses in Perioden mit bekannt hohem Risiko und von Verlagerungen. • Erosionsschutz in jedem Fall. • Reduktion des Transfers von Pflanzenschutzmitteln durch Abwaschung im Frühjahr in Normaljahren. • Reduzierung der Stickstoffverlagerung über Winter durch weniger verfügbaren Stickstoff als bei früher Pflugfurche 	<ul style="list-style-type: none"> • Stickstoffverlagerung durch Auswaschung (Frühjahr), Oberflächenabfluss im Winter stärker, je nach Jahr sich kompensierende Prozesse. • Verlagerung von Pflanzenschutzmitteln durch Aus- und Abwaschung (Risiko im Prinzip bei reduzierter BB im Frühjahr größer). • Klimagase: Bindung von CO₂, aber möglicherweise Abgabe von N₂O bei Direktsaat auf schwerem bis staunassen Boden. 	<ul style="list-style-type: none"> • Verlagerung von Phosphat durch oberflächennahe Abschwemmung.

Tabelle 20: Weitere Faktoren im Zusammenhang mit der Einführung pflugloser Bodenbearbeitungsverfahren auf landwirtschaftlichen Betrieben

- **Technik:** Der Einsatz traditioneller Bodenbearbeitungsgeräte bleibt weiterhin in großem Umfang möglich; diese müssen jedoch mit den großen Mengen an Ernterückständen auf der Bodenoberfläche fertig werden. Insbesondere die Sämaschinen für Mais müssen zwingend mit Scheibensächaren und Klutenräumern ausgestattet sein (am besten rotierend).
- **Fruchtfolge und Zwischenfrüchte:** Das System der pfluglosen Bodenbearbeitung ist durch die Einführung von Fruchtfolgen und Zwischenfrüchten mit strukturerhaltenden oder gar -verbessernden Eigenschaften gekennzeichnet. Sie wird bestimmt von der Notwendigkeit, z.B. Kreisläufe zu unterbrechen (Krankheiten, Unkräuter, Schädlinge) und eine günstige Struktur zu gewährleisten, die beiden wichtigsten, aber auch schwieriger als mit dem Pflug zu realisierenden Faktoren.
- **Bodenstruktur:** Der Zustand der Bodenstruktur ist der zentrale Schlüssel für den Erfolg pflugloser Verfahren. Die Stabilität der Aggregate reduziert die Risiken der Verlagerung von Sedimenten; die Porosität reduziert den Oberflächenabfluss, sichert eine stimulierende Durchlüftung sowie die Aktivität von Flora und Fauna, erleichtert die Durchwurzelung und verbessert den Wassertransport unter gesättigten oder trockenen Bedingungen sowie die Tragfähigkeit und den Losreiswiderstand. Sie garantiert schließlich auch noch die Erhaltung des Ertragsniveaus. Jede Maßnahme muss die Bodenstruktur gewährleisten!

Tabelle 21: Effekt der pfluglosen Bodenbearbeitung auf den Wasserhaushalt

	Winter		Frühjahr	
	Oberflächenabfluss	Auswaschung	Oberflächenabfluss	Auswaschung
Effekt der pfluglosen Bodenbearbeitung auf den Wasserhaushalt	<p>Erhöhung der Infiltration besonders bei Direktsaat durch Senkung der Wasserkapazität. Die Oberfläche ist weniger rau als nach dem Pflügen.</p> <p>Pflugbearbeitung oder Tiefenlockerung erhöhen die Wasserkapazität des Bodens. Pflanzliche Bodenbedeckung und Ernterückstände hindern Niederschlagswasser am schnellen Oberflächenabfluss und begünstigen die Infiltration.</p>	<p>Verstärkte Sickerung durch Makroporen: gering nutzbare Wasserkapazität und langsamere, aber vollständige Infiltration dank der Porenkontinuität.</p> <p>Stoppelbearbeitung im Herbst schafft einen Bruch dieser Kontinuität.</p>	<p>Reduzierung der oberflächlich ablaufenden Wassermenge durch eine bessere Infiltration des Wassers durch die biologischen Poren (Wurzelkanäle und Wurmgänge).</p> <p>Außerdem stabilere Bodenstruktur.</p>	<p>Schnelle Infiltration des Wassers durch die Poren, weniger Matrixsickerung dank einer besseren hydraulischen Kontinuität oder Kapillarität. Reinigung (Filterwirkung) durch Adsorption und Austauschkapazität der organischen Substanz und Ton-Humus-Komplexe.</p>

Tabelle 22: Effekte der pfluglosen Bodenbearbeitung auf den Stickstoff- und Phosphorhaushalt

(Die nicht unterstrichenen Angaben entsprechen Ergebnissen, die unterstrichenen Elemente sind Ableitungen/Empfehlungen)

	Winter		Frühjahr	
	Oberflächenabfluss	Auswaschung	Oberflächenabfluss	Auswaschung
Positive Effekte der pfluglosen Bodenbearbeitung auf den Stickstoffhaushalt		Bodenbedeckung, Mineralisierung weniger ausgeprägt als nach Pflügen, höherer Wasserfluss, Auswaschung aber durch geringere Konzentration begrenzt.	Weniger erosionswirksamer Oberflächenabfluss.	Weniger Stickstoff im Profil und weniger Auswaschung durch Makroporensickerung. Hohe biologische Aktivität fördert die Umsetzung des Stickstoffes durch die Mikroorganismen.
Negative Effekte der pfluglosen Bodenbearbeitung auf den Stickstoffhaushalt	Größere Sickerwassermenge, die Dünger tiefenverlagern kann. <u>Möglichst keine Stickstoffdüngung im Herbst.</u>			Schnelle Infiltration von oberflächlich ausgebrachten löslichen Düngern über Makroporen bei Direktsaat. <u>Dünger Einarbeiten!</u>
Effekte der pfluglosen Bodenbearbeitung auf Phosphor			Abfluss von gelöstem Phosphat unter der Oberfläche <u>Phosphordünger sollten eingearbeitet werden.</u>	

Die Auswaschung von Düngern über Winter wird durch pfluglose Bodenbearbeitung reduziert. Im Frühling, zur Zeit der Gabe von Stickstoffdüngern, sind die Risiken bei Pflugverzicht höher, aber die ausgetragenen N-Frachten sind a priori geringer als im Winter.

Tabelle 23: Effekte der pfluglosen Bodenbearbeitung auf den Austrag von Pflanzenschutzmitteln

(Die nicht unterstrichenen Angaben entsprechen Ergebnissen, die unterstrichenen Elemente sind Ableitungen/Empfehlungen)

	Winter		Frühjahr	
	Oberflächenabfluss	Auswaschung	Oberflächenabfluss	Auswaschung
Positive Effekte der pfluglosen Bodenbearbeitung auf den Austrag von Pflanzenschutzmitteln	X	Durch dränende Makroporen weniger Bodenauswaschung. Über den Sommer guter mikrobieller Abbau von PSM, die über den Vegetationszeitraum appliziert wurden.	Systematische Reduzierung der Austräge (30 bis -100% je nach Wirkstoff), da trotz evtl. höherer Aufwandmengen weniger Wasser abläuft.	Adsorption durch die organische Substanz und Abbau durch Mikroorganismen an der Bodenoberfläche und in Makroporen (Reduzierung des Austrags um 75 bis 100%, z.B. Alachlor, 2,4-D, Isoproturon, Trifluralin).
Negative Effekte der pfluglosen Bodenbearbeitung auf den Austrag von Pflanzenschutzmitteln	mehr abfließendes Wasser, aber weniger PSM-Aufkommen in dieser Periode. <u>Keine Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln im Winter und evtl. Lockern (Grubber) für mehr Wasserspeicherung</u>	Verstärkte Makroporensickerung, besonders bei Direktsaat: höhere perkolierende Wassermengen und PSM-Konzentrationen (z.B.: Diflufénican). <u>Keine späten Applikationen von Pflanzenschutzmitteln im Herbst; Winterbedeckung.</u>	X	Bei Direktsaat evtl. ungefilterte Auswaschung über Makroporensickerung (z.B. Metolachlor und Cyanazin *20).

Die pfluglosen Verfahren reduzieren systematisch den oberflächlichen Austrag von Pflanzenschutzmitteln. Die Ergebnisse zum Austrag durch Auswaschung sind widersprüchlicher. Die Phänomene setzen sich aus verschiedenen, sich überlagernden Effekten zusammen. Die biologische Qualität des ungepflügten Bodens (organischer Substanz und mikrobielle Aktivität) scheint eine wichtige Komponente zu sein, um den Austrag zu begrenzen.

2 Befragung von fachkundigen Landwirten und Meinungsbildnern zu ihrer Einschätzung der pfluglosen Bodenbearbeitung

2.1 Methode

Zusätzlich zu den Erhebungen auf den Betrieben wurden in Baden-Württemberg und dem Elsass zusammen insgesamt 31 Landwirte und 44 Akteure aus Wissenschaft, Beratung, Industrie und Landwirtschaftsverwaltung zu ihren Ansichten über Gründe, Vor- und Nachteile sowie Auswirkungen pflugloser Anbauverfahren befragt.

Im Projekt vorgesehen war zunächst nur eine offene mündliche Befragung der pfluglos wirtschaftenden Betriebsleiter am Oberrhein sowie eine Expertenbefragung (geschlossene Befragung, schriftlich) der Nicht-Praktiker in Baden-Württemberg.

Um die Ergebnisse aus beiderlei Sicht einschätzen zu können und ggf. Unterschiede zwischen den Einschätzungen der Experten (Theoretiker) und den Ansichten und Erfahrungen in der Praxis zu identifizieren, wurden die geschlossenen Fragen (Expertenbefragung) im Zuge der Erhebungen auf den Betrieben zusätzlich ebenfalls den Praktikern vorgelegt. Ziel ist eine Erhebung und Gewichtung der (subjektiven) Erfolgskriterien sowie die Identifizierung der Hemmnisse und Motivationsgründe des Einsatzes pflugloser Verfahren.

Die geschlossene Befragung orientiert sich inhaltlich an der von TEBRÜGGE und BÖHRNSEN (1997) durchgeführten europaweiten Expertenbefragung, die für den regionalen Einsatz um einige Fragen zu speziellen Verhältnissen am Oberrhein ergänzt wurde:

In insgesamt 56 Fragen werden unterschiedliche Parameter (Ertrag, Unternehmensgewinn, Krankheiten, Arbeitswirtschaft, Umweltwirkung etc.) in Bezug auf ihre Veränderung durch die Umstellung und auf die Wichtigkeit als Vorteil oder Hemmnis für den Einsatz pflugloser Verfahren angesprochen. Außerdem werden verschiedene Standortfaktoren, die im Untersuchungsgebiet vorkommen (z.B. Staunässe, sehr geringe Jahresniederschlagsmengen, hohe und niedrige Jahresdurchschnittstemperatur) in Bezug auf ihre Auswirkungen für den Einsatz pflugloser Verfahren abgefragt.

Der Fragebogen gliedert sich dafür in mehrere Teilabschnitte. Im ersten Teil werden betriebliche und umweltrelevante Argumente für und gegen die Anwendung pflugloser Bodenbearbeitung in Bezug auf ihre Richtigkeit und ihren Stellenwert als Grund zum Pflugverzicht abgefragt.

Anschließend werden die Befragten zu verschiedenen Effekten pflugloser Verfahren auf diverse Parameter und im Gegenzug Effekte einzelner Standortfaktoren auf die Möglichkeiten zur Anwendung pflugloser Verfahren sowie die Eignung einzelner Kulturen interviewt.

Die Struktur des Fragebogens ist in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 24: Struktur des Fragebogens für Experten aus Landwirtschaft und Beratung

Frage	Anzahl Kriterien/ Parameter
Welche Gründe Sprechen Ihrer Meinung nach für die Anwendung pflugloser Bodenbearbeitung?	16 + 1x frei*
Welche Gründe Sprechen Ihrer Meinung nach gegen die Anwendung pflugloser Bodenbearbeitung?	11 + 1x frei*
Welchen Effekt haben Ihrer Meinung nach die folgenden Boden- und Standorteigenschaften auf die Anwendung pflugloser Bodenbearbeitung?	12 + 1x frei*
Welche Kulturen eignen sich Ihrer Meinung nach für pfluglose Bodenbearbeitung?	Freie Eingabe
Welche Kulturen eignen sich Ihrer Meinung nach nicht für pfluglose Bodenbearbeitung?	Freie Eingabe
Wie entwickeln sich Ihrer Meinung nach die folgenden Parameter bei einer langfristigen Anwendung pflugloser Bodenbearbeitung?	13 + 1x frei* + freie Eingabefelder für spezielle Krankheiten und Schädlinge
Welcher Anteil der landwirtschaftlich genutzten Fläche in Baden-Württemberg ist Ihrer Meinung nach für pfluglose Bodenbearbeitung geeignet?	%-Angabe für Mulchsaat und für Direktsaat
Unter der Voraussetzung, ein geeignetes, ein an den Standort angepasstes pflugloses Verfahren wird dauerhaft angewendet, wie beurteilen sie den Effekt auf folgende Parameter	4 + 1x frei*

*Freie Eingabefelder zur Benennung und Bewertung weiterer, vom Befragten als wichtig angesehenen Kriterien.

Die Fragebögen wurden auf deutscher Seite an die Experten postalisch oder als email versendet, während die Landwirte, die an der Praktikerbefragung teilnahmen, zum Schluss den Expertenfragebogen vorgelegt bekamen. Zusätzlich nahmen noch drei Landwirte aus dem Kraichgau teil, die nicht für die intensive Erhebung auf den Betrieben in Frage kamen, die auf Anweisung des Auftraggebers auf das Gebiet der an den Rhein grenzenden Landkreise im Regierungsbezirk Freiburg beschränkt wurde. Für die Expertenbefragung wurden Teilnehmer aus ganz Baden-Württemberg zugelassen, um einen ausreichenden Stichprobenumfang gewährleisten zu können. Für die Teilnahme waren insgesamt 92 Experten (44 im Elsass, 48 in Baden-Württemberg) und 41 Landwirte (21 im Elsass, 19 in Baden-Württemberg) angefragt.

Im Folgenden werden die Nationalitäten nach Deutschland und Frankreich unterschieden, wobei diese Begriffe sich auf die Teile beider Länder beziehen, die im Zielgebiet des Projektes, also am Oberrhein liegen. Die Aussagen sind daher nicht unbedingt repräsentativ für Deutschland und Frankreich insgesamt.

Die Rückläufe der versendeten Fragebögen verteilen sich wie folgt auf die einzelnen befragten Gruppen:

Tabelle 25: Anzahl beantworteter Fragebögen von Landwirten und Experten

	Deutschland	Frankreich	Gesamt
Experten	25	19	44
Landwirte	19	12	31

2.2 Ergebnisse

2.2.1 Vorteile und Hemmnisse pflugloser Bodenbearbeitung

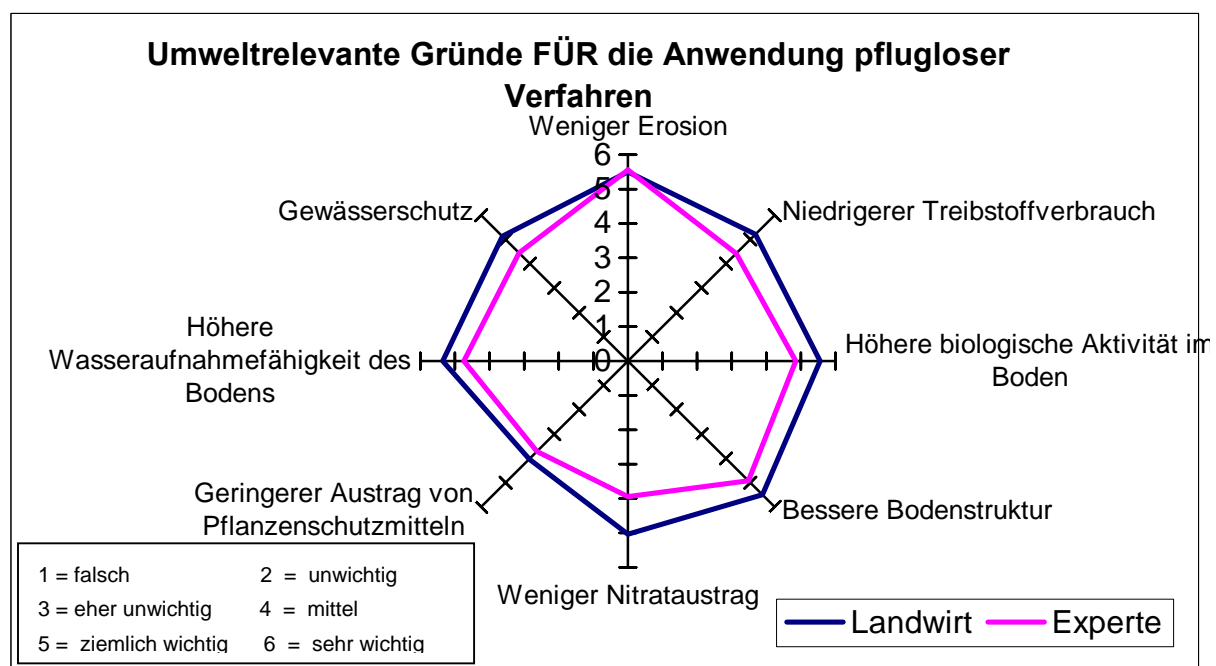


Abbildung 6: Umweltrelevante Gründe für die Anwendung pflugloser Verfahren

Bei den umweltrelevanten Gründen zur Anwendung herrscht weitgehende Einigkeit zwischen Landwirten und Experten, wobei auffällig ist, dass in sieben von acht Kriterien die Einschätzungen aus der Praxis positiver ausfallen als diejenigen der Experten. Nur dem Punkt Erosion wird einheitlich eine sehr hohe Wichtigkeit beigemessen. Bei den betrieblichen Motivationsgründen (Abbildung 6) ist die Stimmung der Praktiker ebenfalls durchweg positiver, wobei eine grundsätzliche Übereinstimmung zwischen Praktikern und Experten zum Stellenwert der einzelnen Aspekte existiert. So werden beispielsweise die Argumente „weniger Pflanzenkrankheiten“ und „höherer Ertrag“ als unwichtig bzw. falsch eingeschätzt, während der Wasseraufnahmefähigkeit, der besseren Bodenstruktur und Befahrbarkeit sowie dem Argument der Arbeitszeiteinsparung von beiden befragten Gruppen ein hoher Stellenwert eingeräumt wurde.

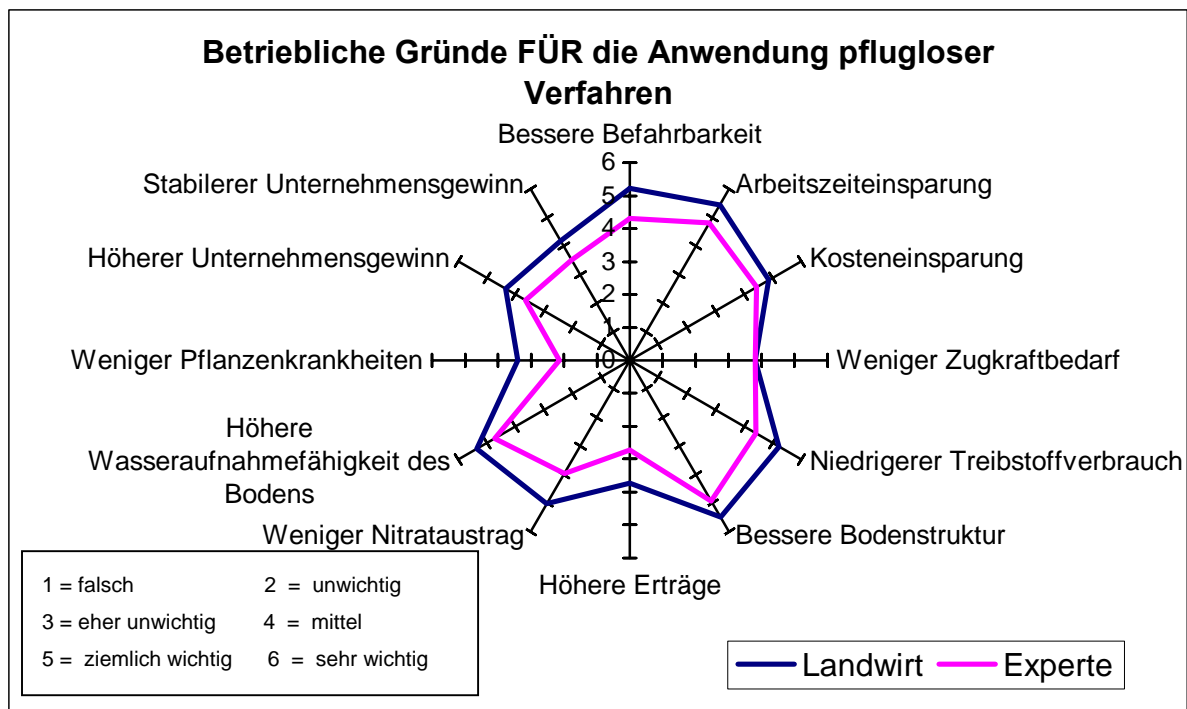


Abbildung 7: Betriebliche Gründe für die Anwendung pflugloser Verfahren

Die betrieblichen Gründe wurden von den Praktikern durchweg mit einer höheren Wichtigkeit bewertet als von den Experten, wobei ähnliche Tendenzen erkennbar sind. Hauptargumente, wichtig vor allem nach Ansicht der Landwirte, sind die Arbeitszeiteinsparung, Verbesserungen im Bodenwasserhaushalt, eine bessere Befahrbarkeit der Flächen und gleichzeitig niedrigerer Treibstoffverbrauch. Auch ein geringerer Nitrataustrag und eine bessere Bodenstruktur wurden als wichtige Gründe für den Pflugverzicht bezeichnet. Eine differenziertere Betrachtung der Aussagen wird in Kap. 1.6. angestellt.

Bei den Gründen gegen die Anwendung pflugloser Verfahren sind die Experten eher skeptisch, vor allem in den ackerbaulichen Parametern wie der Unkrautproblematik, Problemen mit Krankheiten und Ertragseinbußen, während die Praktiker die Haupthemmnisse in der mangelnden Erfahrung in der Praxis, den höheren Anforderungen an den Landwirt sowie dem ihrer Meinung nach zu geringen Beratungsangebot sehen. Diese Punkte sind in der Gesamtauswertung zwischen den Gruppen der Experten und der Praktiker weitgehend unstrittig, während eine Aufschlüsselung der Verteilung der Antworten zeigt, dass innerhalb der befragten Gruppen erhebliche Unterschiede in den Einschätzungen bestehen (s. Kap. 1.6).

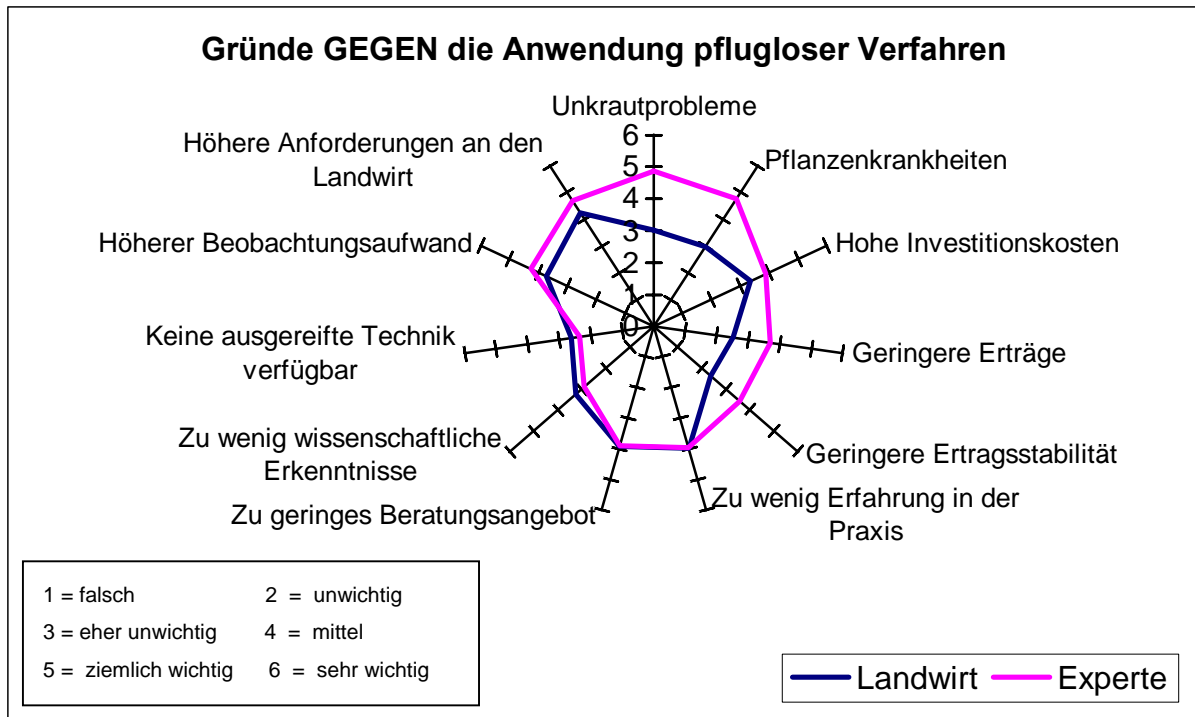


Abbildung 8: Gründe gegen die Anwendung pflugloser Verfahren

2.2.2 Entwicklung ackerbaulicher und umweltrelevanter Parameter

In Bezug auf die Entwicklung verschiedener ackerbaulicher und bodenkundlicher Parameter herrscht weitgehende Einigkeit der Meinungen zwischen den befragten Gruppen. Während bei den Parametern „Unkrautdruck“ „Schädlingsbefall“ „Pflanzenkrankheiten“ und bei der Entwicklung der Lagerungsdichte des Bodens von beiden Gruppen kaum eine Auswirkung erwartet wird, zeigen die Erfahrungen der Landwirte eine positive bis sehr positive Entwicklung der Aufnahme- und Speicherkapazität für Wasser und für den Gehalt an organischer Substanz. Geringfügige Verbesserungen werden von den Praktikern in den Punkten Ertrag und Möglichkeiten zum Einsatz von Beregnung erwartet, während die Gruppe der Experten in diesen Punkten keine Veränderungen erwartet. Am skeptischsten ist man bei den Möglichkeiten zum Anbau von Monomais, die sich nach Meinung beider Gruppen geringfügig verschlechtern, während sich die Möglichkeiten zur Anwendung von Fruchtfolgen nach Einschätzung beider Gruppen geringfügig verbessert.

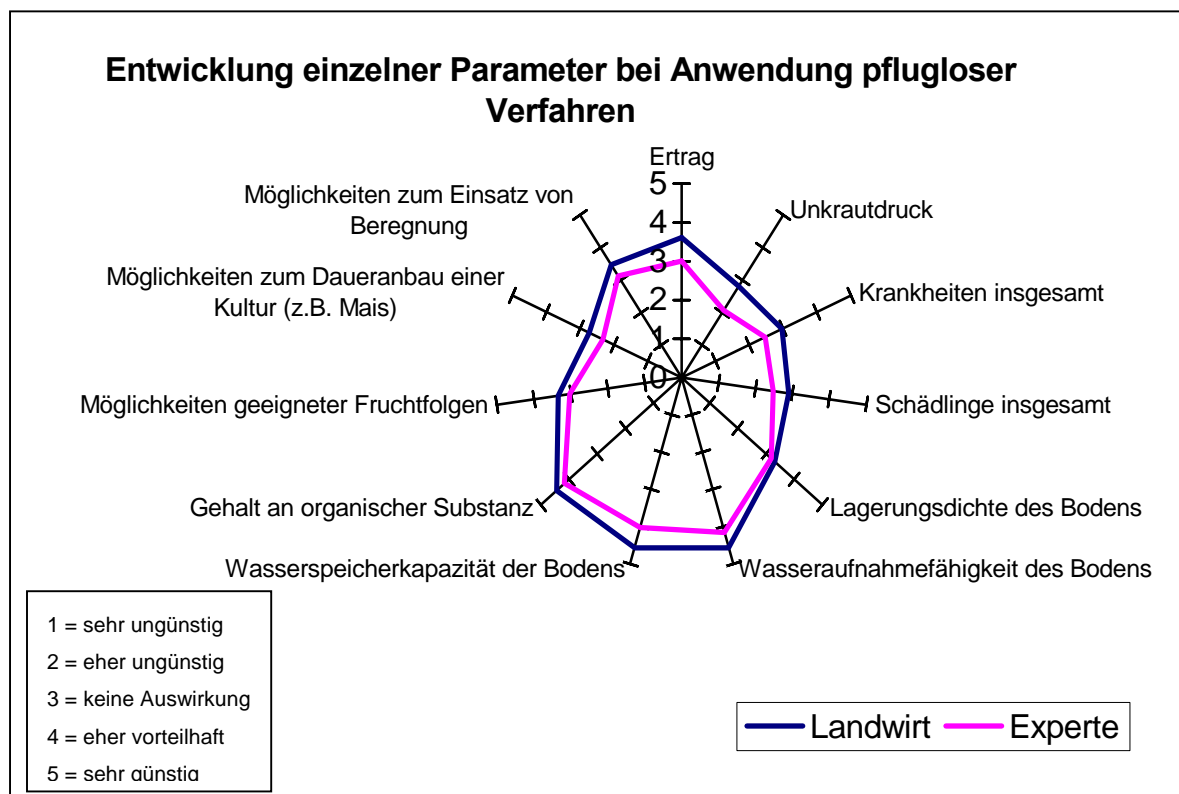


Abbildung 9: Entwicklung ackerbaulicher und umweltrelevanter Parameter bei Anwendung pflugloser Verfahren

2.2.3 Effekt von Boden- und Standorteigenschaften auf die Anwendbarkeit pflugloser Verfahren

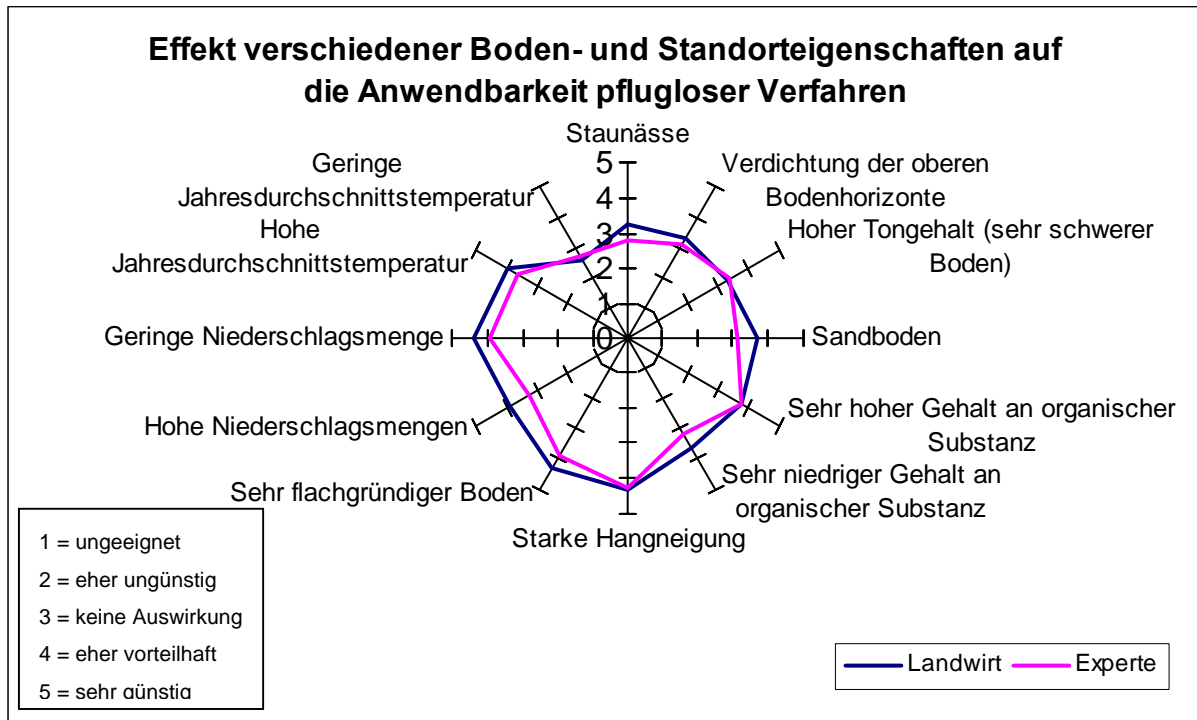


Abbildung 10: Effekt verschiedener Boden- und Standorteigenschaften auf die Anwendbarkeit pflugloser Verfahren

In Bezug auf den Einfluss verschiedener Standortfaktoren auf den Pflugverzicht sind ebenfalls die Praktiker leicht optimistischer eingestellt als die Experten. Der einzige Standortfaktor, dem von beiden Seiten eine negative Auswirkung beigemessen wird, ist eine geringe Jahresdurchschnittstemperatur. Auffällig dabei ist, dass dies der einzige Punkt ist, in dem die Landwirte kritischer eingestellt sind als die Experten, die allerdings auch mehrheitlich einer geringen Temperatur einen negativen Einfluss auf die Anwendbarkeit pflugloser Verfahren beimessen.

Sehr schwere Böden scheinen keine größeren Bedenken gegenüber pflugloser Bodenbearbeitung hervorzurufen.

2.2.4 Effekte einer dauerhaften Anwendung eines geeigneten pfluglosen Verfahrens

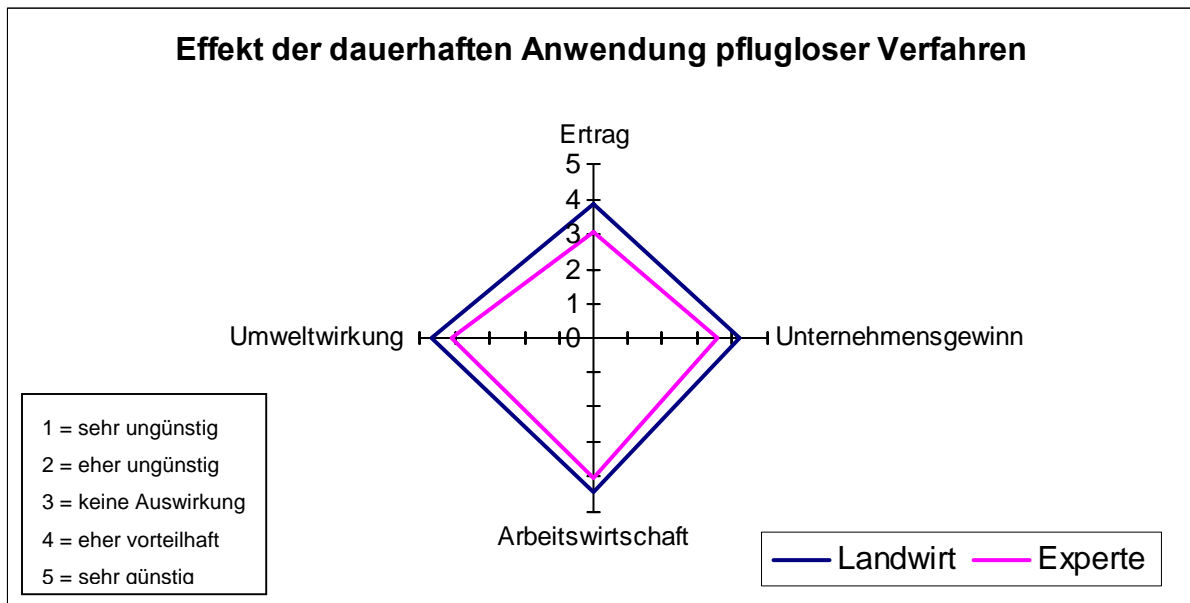


Abbildung 11: Effekte einer dauerhaften Anwendung geeigneter pflugloser Verfahren (best case)

Die Frage nach der langfristigen Auswirkung eines standortangepassten und richtig angewendeten Verfahrens, also des „best case“-Szenarios, ergab in allen vier Kriterien bei den Praktikern eine positive Antwort. In den Bereichen Arbeitswirtschaft, Unternehmensgewinn und Umweltwirkung zeigen die Erfahrungen und Einschätzungen aus der Praxis positive bis sehr positive Entwicklungen, während die Entwicklung der Erträge zwischen neutral und positiv beschrieben wird. Bei den Experten wiederholt sich diese Tendenz auf niedrigerem Niveau, so dass von ihnen die Entwicklung von Arbeitswirtschaft, Unternehmensgewinn und Umweltwirkung positiv eingeschätzt wird, während für den Ertrag im Mittel keine Auswirkungen erwartet werden.

2.2.5 Verteilung der Antworten bei den beiden Befragungsgruppen

In einigen Punkten zeigt erst die Aufschlüsselung der Verteilung der vergebenen Bewertungen, dass innerhalb der befragten Gruppen deutliche Unterschiede in der Einschätzung einzelner Sachverhalte herrschen.

Bei den betriebsinternen Gründen für die Anwendung pflugloser Bodenbearbeitung ergeben sich vor allem Diskrepanzen bei der Frage zur besseren Befahrbarkeit. Während für fast 90% der Praktiker dieser Umstand ein wichtiger oder gar sehr wichtiger Grund für den Pflugverzicht darstellt, ist die Behauptung, pfluglose Bodenbearbeitung verbessere die Befahrbarkeit der Böden, nach Ansicht von über 10% der Experten falsch.

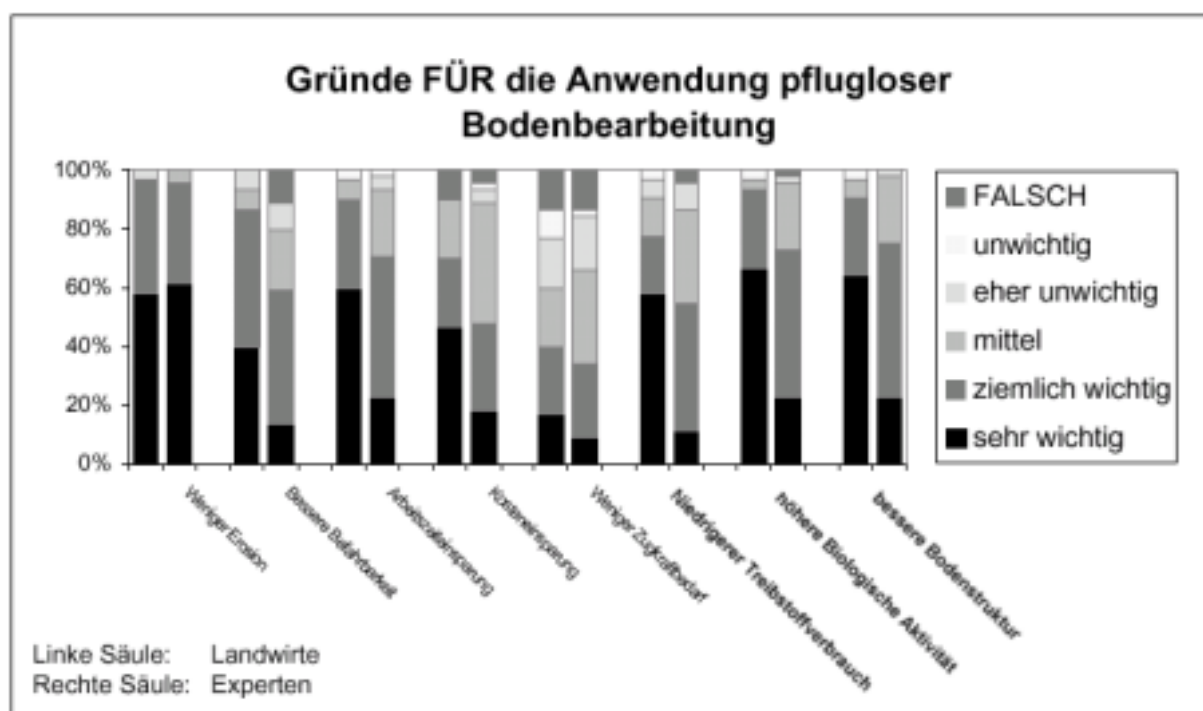


Abbildung 12: Betriebliche Gründe für die Anwendung pflugloser Bodenbearbeitung

Eine Unterscheidung nach Nationalität der Befragten (hier grafisch nicht dargestellt) ergibt, dass 100% der deutschen Landwirte diesen Punkt mit „wichtig“ oder „sehr wichtig“ bewerten. Die meisten befragten französischen Landwirte sind der selben Meinung wie ihre deutschen Berufskollegen, während mehr als 20% der französischen Experten mit „falsch“ geantwortet haben.

Eine mögliche Erklärung könnte in der Bearbeitungstiefe liegen, die nach Gesprächen mit elsässischen Praktikern und nach Beobachtungen auf Feldbegehungen in Frankreich deutlich höher zu sein scheint. In der einschlägigen Fachliteratur wird häufig betont, dass die höhere Tragfähigkeit und bessere Befahrbarkeit vornehmlich durch die stabilere Struktur von langfristig unbearbeiteten Böden und Bodenschichten begründet ist. Bei den anderen Motivationsgründen sind keine nennenswerten Unterschiede zwischen Experten und Landwirten zu beobachten.

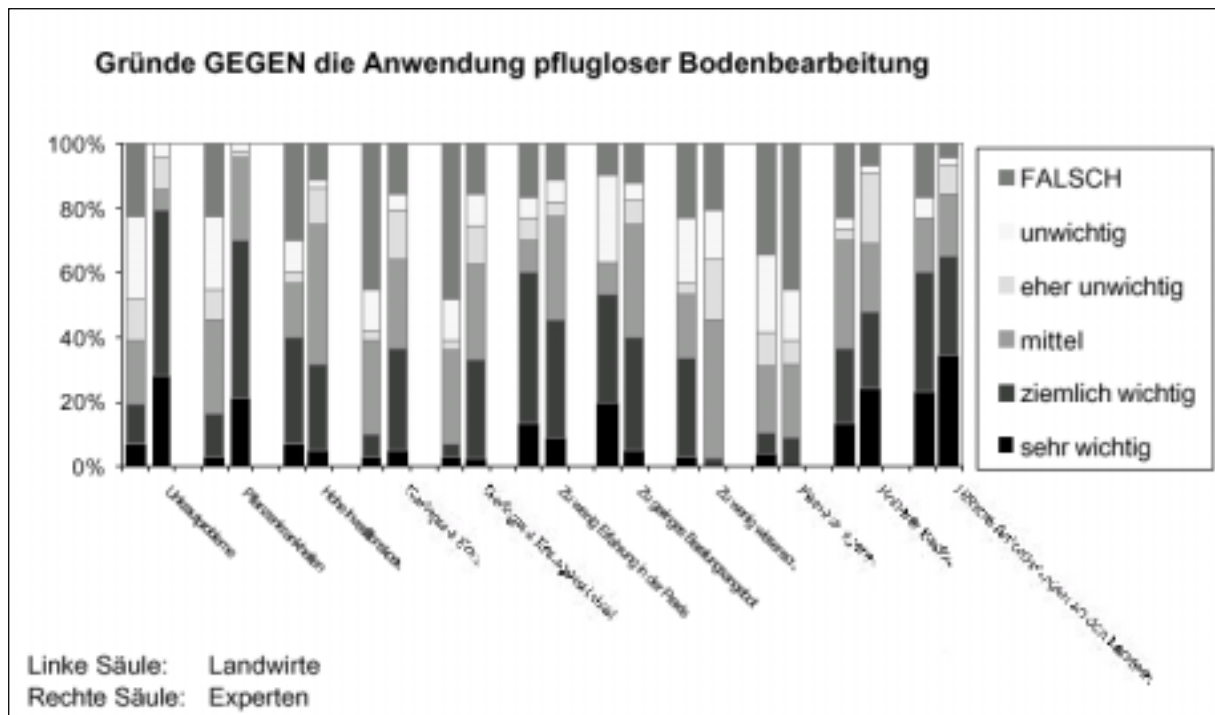


Abbildung 13: Gründe gegen die Anwendung pflugloser Bodenbearbeitung

Unkrautprobleme sind für mehr als 75% der Experten ein wichtiges oder sehr wichtiges Argument gegen pfluglose Verfahren. 20% der Praktiker teilen diese Meinung, fast 50% der Landwirte finden dies allerdings unwichtig oder schlichtweg falsch. Ein ähnliches Bild zeigt sich bei den Pflanzenkrankheiten.

Strittig vor allem unter den Landwirten ist die Frage des Beratungsangebotes. Über 50 % der befragten Landwirte sind der Meinung, das zu geringe Beratungsangebot sei ein ziemlich wichtiger oder sogar sehr wichtiger Grund gegen die pfluglosen Verfahren, während andererseits auch fast 40 % der Landwirte diesen Umstand für unwichtig oder die Behauptung als falsch bezeichnen. Dass es zu wenig wissenschaftliche Erkenntnisse in diesem Bereich gibt, ist immerhin für 35% der Landwirte von Bedeutung. 20% ihrer Berufskollegen sowie 20% der Experten halten diese Aussage für falsch. „Wichtig“ oder „ziemlich wichtig“ ist dieser Umstand nur für einen der befragten Experten.

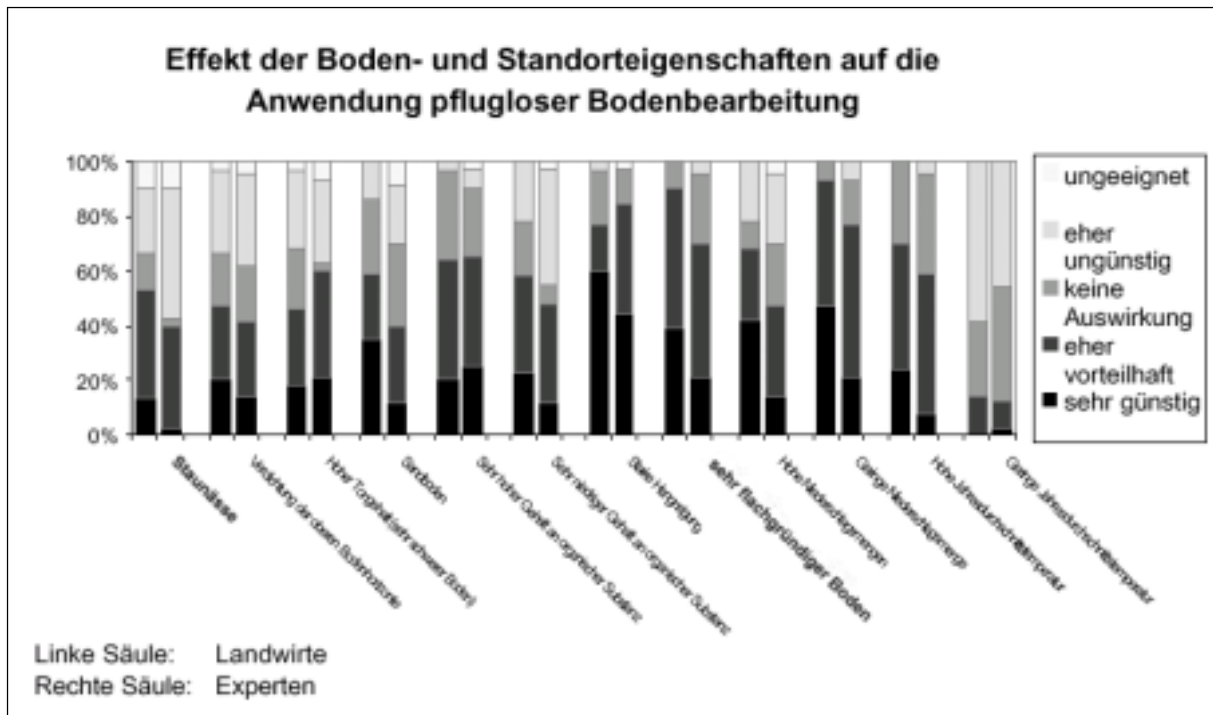


Abbildung 14: Effekt der Boden- und Standorteigenschaften auf die Anwendung pflugloser Bodenbearbeitung

Nach Ansicht von mehr als 50 % der Landwirte sind staunasse Standorte günstig für eine pfluglose Bearbeitung, während weitere 30% der befragten Praktiker diese Standorte für „eher ungünstig“ oder „ungeeignet“ halten. Diese Ansicht teilen fast 65 % der Experten, von denen allerdings wiederum auch fast 35 % Pflugverzicht auf diesen Standorten eher vorteilhaft einschätzen.

Bei den anderen Standortbedingungen sind die Unterschiede der Einschätzungen innerhalb der beiden Gruppen relativ hoch, während sich die beiden Gruppen im Vergleich zueinander durchschnittlich ähnlich geäußert haben (z.B. schwere Böden je 50% für vorteilhaft oder günstig, während über 30 % der Befragten aus beiden Gruppen diese Standorte für ungünstig oder gänzlich ungeeignet halten).

Sowohl für extrem hohe als auch für extrem niedrige Niederschlagsmengen sehen 70 bzw. 95 % der Praktiker Vorteile für die pfluglosen Verfahren. Die Experten sind im Mittel ein wenig skeptischer, wobei die Mehrheit der befragten Experten ebenfalls Vorteile für Pflugverzicht bei beiden Extremen im Niederschlagsbereich sieht.

Von einer geringen Jahresdurchschnittstemperatur erwarten nur 3 Landwirte und ein Experte einen Vorteil für pfluglose Bodenbearbeitung. Dieses Ergebnis deckt sich mit den Aussagen aus der Fachliteratur, wo kalte Standorte mit schlechter Erwärmung als weniger geeignet für pfluglose Verfahren beschrieben werden.

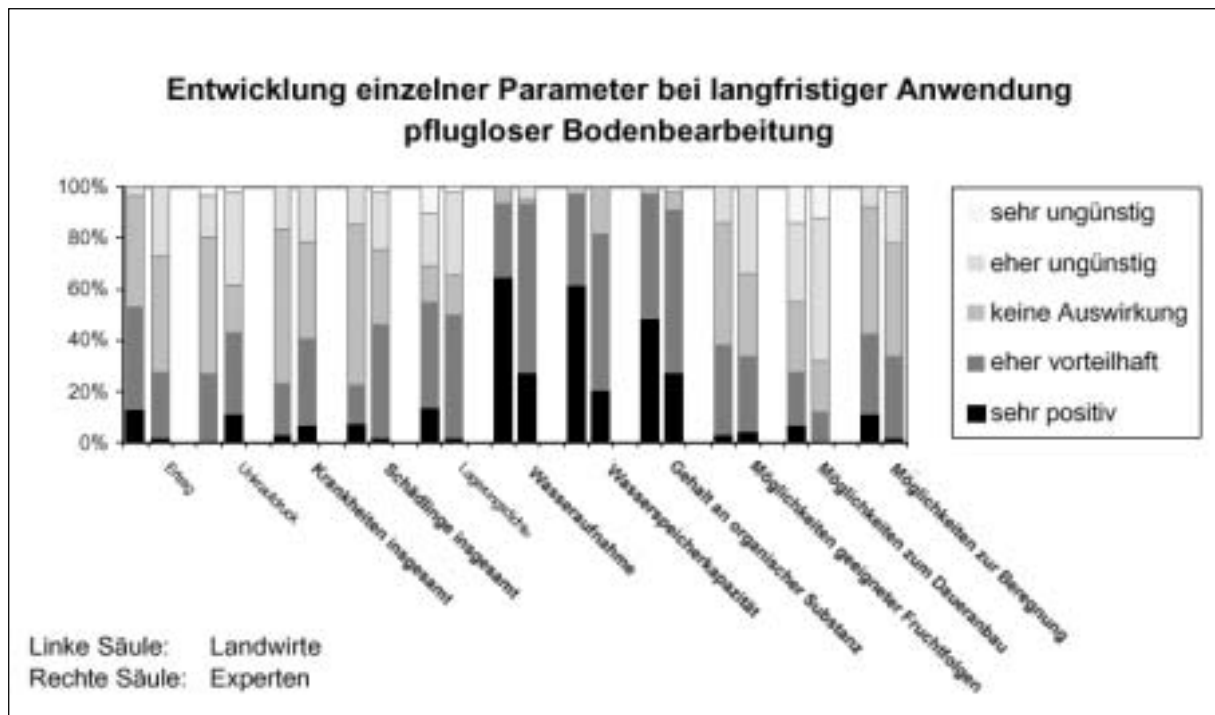


Abbildung 15: Entwicklung einzelner Parameter bei der Anwendung pflugloser Bodenbearbeitung

Von der langfristigen Anwendung pflugloser Bodenbearbeitung versprechen sich über 50 % der Landwirte und 30% der Experten eine vorteilhafte oder sehr positive Auswirkung auf den Ertrag. Von einer Verschlechterung berichten 2,5 % der Praktiker, 30% der Experten gehen ebenfalls davon aus.

Bei der Entwicklung des Unkrautdruckes sind die Experten positiver eingestellt als die Landwirte, von denen aber auch fast 30% einen positiven Effekt beschreiben. Allerdings berichten 20% der Praktiker auch von einer nachteiligen Entwicklung. Ebenfalls 30% der Experten gehen von einer negativen Entwicklung in diesem Bereich aus. 50 % der Landwirte sagen, die Bodenbearbeitung habe keine Auswirkung auf den Unkrautdruck.

Am deutlichsten und gleichzeitig am einheitlichsten positiv bewertet werden die Verbesserungen beim Bodenwasserhaushalt (Aufnahmefähigkeit und Speichervermögen) sowie der Gehalt an organischer Substanz.

In den Bereichen Krankheiten und Schädlinge ist das vollständige Spektrum der Ansichten von sehr vorteilhaft bis eher ungünstig vertreten. In beiden Fällen konnten über 50% der Praktiker keine vor- oder nachteilige Veränderung feststellen, während 25%-30 % positive und 15-20% der Landwirte negative Veränderungen feststellten. Zu diesem Punkt wurde die Möglichkeit einer freien Eingabe angeboten, um die Aussage nach einzelnen Krankheiten und Schädlingen zu differenzieren. Die Aussage, die in der Grafik dargestellt ist, bezieht sich auf die Gesamtheit der Krankheiten und den gesamten Schädlingsdruck. Darüber hinaus konnten als freie Eingabe spezielle Krankheiten und Schädlinge angegeben und bewertet werden.

Die häufigsten Nennungen bei der Frage nach Krankheiten waren Fusarien und andere Pilzkrankheiten. Dieses Thema wird in Forschung und Verwaltung, aber auch unter den Landwirten kontrovers diskutiert und wurde im Projekt mit besonderer Aufmerksamkeit bearbeitet. Bei den tierischen Schädlingen dominierten in den Antworten von beiden

Seiten des Rheines Schnecken und Mäuse, auf französischer Seite wurden zusätzlich noch andere Nagetiere und Wildschweine mehrfach erwähnt.

Die Frage nach geeigneten und ungeeigneten Kulturen wurde als offene Fragestellung mit freien Eingabefeldern formuliert. (Mehrfachnennungen waren möglich, die Summenzeichen in der Tabelle bezeichnen die Anzahl der Teilnehmer in der jeweiligen Gruppe). Es ergab sich eine durchweg positive Meinung zu (Winter-) Weizen, viele bezeichneten auch alle Getreide als geeignet. Namentlich Gerste wurde nur in Frankreich, dort allerdings von vier Praktikern und vier Experten als geeignete Kultur angegeben. In Deutschland bezeichneten insgesamt elf Befragte Gerste und hier speziell Sommergerste als ungeeignet, während sich kein französischer Landwirt und nur ein einziger französischer Experte kritisch zur Eignung dieser Kultur für pfluglosen Anbau äußerten. Die kritischen Aussagen aus Deutschland decken sich mit der Literatur, v.a. mit den Ergebnissen des Systemversuch Bodenbearbeitung Baden-Württemberg, in dem Sommergerste sehr schlechte Ergebnisse im Versuchsanbau lieferte. Zum Thema Mais gibt es beiderseits des Rheins insgesamt 30 positive Äußerungen, in der Gruppe der französischen Experten allerdings beurteilten auch sieben Befragte Mais für ungeeignet als pfluglos angebaute Kultur. Sowohl viele kritische als auch zahlreiche positive Erwähnungen wurden für Raps und Zuckerrüben abgegeben. Eine tabellarische Übersicht zu den Antworten ist in den folgenden Tabellen dargestellt.

Tabelle 26: Für pfluglose Verfahren geeignete Kulturen

geeignete Kulturen	Σ 26		Σ 20		Σ 19		Σ 12
	D Experten		D Landwirte		F Experten		F Landwirte
alle	4		4		0		1
Mais	12		4		8		6
(Winter-)Weizen, Getreide	18		6		19		9
Raps	7		2		9		4
Gerste	0		0		4		4
Zuckerrüben	10		0		6		1
Leguminosen	6		0		2		0

Tabelle 27: Für pfluglose Verfahren ungeeignete Kulturen

ungeeignete Kulturen	Σ 26		Σ 20		Σ 19		Σ 12
	D Experten		D Landwirte		F Experten		F Landwirte
Keine	0		0		0		4
Mais	1		0		7		2
Raps	5		0		0		0
Kartoffeln	5		0		9		0
Gemüse	4		0		5		0
Gerste	4		1		0		0
S.-Gerste	4		2		1		0
Zuckerrüben	0		1		8		1
Tabak	0		0		4		1

2.2.6 Grenzüberschreitende Unterschiede in der Einschätzung zwischen den befragten Gruppen

- **Auswirkungen auf Nitrat**

Nitrataustrag ist nach Ansicht der deutschen Akteure ein wichtiger Grund sowohl für Experten, als auch in der Praxis, während die französischen Landwirte, v.a. aber die dortigen Experten, diesem Argument nur eine untergeordnete Rolle zumessen.

- **Auswirkungen auf Erträge und Einkommen**

Auch einem höheren Ertrag und einem höheren Unternehmensgewinn messen die Franzosen einen geringeren Stellenwert als Grund für den Pflugverzicht bei. Die Hälfte der französischen Experten hält die Aussage, der Ertrag würde steigen, für falsch. Eine Steigerung des Unternehmensgewinnes und dessen Stabilität (besserer Ausgleich in Extremjahren) halten immer noch ca. 25% der französischen Experten für falsch. Die dortigen Praktiker sind ein wenig positiver eingestellt, jedoch wurde die Note „sehr wichtig“ in Frankreich zu diesen beiden Kriterien gar nicht vergeben. In Deutschland sehen ca. 10 % der Praktiker und 20% der Experten im höheren und stabileren Unternehmensgewinn einen sehr wichtigen Grund für den Pflugverzicht. 45% der deutschen Experten halten allerdings die Aussage, auch die Erträge würden durch pfluglose Bodenbearbeitung steigen, für falsch, während ca. 25% der Befragten aus der selben Gruppe diesen Punkt als ziemlich wichtig oder sehr wichtig einstufen. In beiden Ländern halten lediglich 10% der Praktiker diese Behauptung für falsch.

Geringere Erträge haben als Hemmnis für den Einsatz pflugloser Verfahren nach Ansicht von mehr als 20 % der französischen Landwirte und Experten einen ziemlich wichtigen bis sehr wichtigen Stellenwert. Dieser Meinung sind ebenfalls 40% der deutschen Experten. Andererseits halten auch 55 % der deutschen Praktiker und 25 % der deutschen Experten die Aussage, die Erträge wären bei Pflugverzicht geringer, für falsch.

- **Mais in Monokultur und mit Beregnung**

Bei der Möglichkeit zum Daueranbau (z.B. Mais-Monokultur) herrscht Skepsis vor allem bei den Franzosen, dort v.a. unter den Landwirten. Diese Skepsis wird von den Landwirten auf deutscher Seite zwar ansatzweise, nicht aber in vollem Ausmaß geteilt. Bei der Frage der Entwicklung der Lagerungsdichte ist man in Frankreich deutlich kritischer eingestellt als in Deutschland. Auf die Unterschiede in der üblichen Bearbeitungstiefe wurde bereits im Zusammenhang mit der Frage nach der Befahrbarkeit hingewiesen.

Bei Beregnung sehen die deutschen Experten sowie die Praktiker aus beiden Ländern Vorteile für die pfluglose Bearbeitung während die französischen Experten in diesem Punkt eher skeptisch sind.

- **Entwicklung von Unkraut-, Krankheits- und Schädlingsdruck**

In den Bereichen Krankheiten, Schädlinge und Unkrautdruck sehen die Französischen Landwirte, vor allem aber die französischen Experten deutliche Nachteile für die pfluglosen Verfahren, während die deutschen Landwirte keine Auswirkungen feststellten. Die Experten in Deutschland rechnen auch eher mit einer Verschlechterung in diesen Bereichen. Für die Beregnung sehen deutsche Experten und auch deutsche und französische Praktiker Vorteile für den Pflugverzicht, während französische Experten eher skeptisch auf diese Frage reagierten.

- **Langfristige Wirkungen**

Für die Aspekte **Arbeitswirtschaft** und **Umweltwirkung** werden in Deutschland sowohl von Experten als auch in der Praxis durchweg vorteilhafte bis sehr positive Entwicklungen nach mehrjähriger Anwendung eines geeigneten pfluglosen Verfahrens beschrieben, während es in Frankreich neben einer überwiegend positiven Einschätzung dieser beiden Punkte auch Landwirte (10%) und Experten (20%) gab, die eine ungünstige Entwicklung der arbeitswirtschaftlichen Situation der Betriebe erwarten. Außerdem bewerten 15 % der französischen Experten langfristigen Pflugverzicht in seiner Umweltwirkung als ungünstig. Diese Einstellung wurde in Deutschland von keinem Befragten vertreten.

2.2.7 Schlussfolgerungen aus den z.T. unterschiedlichen Aussagen zwischen Experten und Praktikern

Beim Vergleich der Aussagen der ergaben sich zu einigen Fragen Unterschiede zwischen den Ansichten der Praktiker und denen der Experten, auffällig ist aber vor allem, dass in den meisten Bereichen bei ähnlichen Trends die Praktiker positiver eingestellt sind als die Experten. Ein Ergebnis aus der Recherche in 2003 zu bestehenden wissenschaftlichen Feldversuchen und dem pfluglosen Anbau in der Praxis ist, dass vor allem hinsichtlich der Erträge bei Pflugverzicht im Versuchswesen die Praxis oftmals erfolgreicher arbeitet als die Forschung. Dafür können folgende Erklärungsansätze gegeben werden:

Die Literaturrecherche und die detaillierte Nachfrage bei den Versuchsanstellern ergab, dass im wissenschaftlichen Versuchswesen aus Vergleichbarkeitsgründen oft starre Regeln und *ceteris paribus*-Bedingungen eingesetzt werden, die für die pfluglosen Verfahren oft keine optimalen Bedingungen für die pfluglosen Varianten zulassen und die Möglichkeit einer kurzfristigen pflanzenbaulichen Reaktion auf Probleme oder Bedürfnisse des Bestandes nicht immer sicher gestellt ist. Weitgehender Konsens herrscht über die Tatsache, dass die Bestandsführung bei pfluglosen Verfahren einer intensiveren Beobachtung bedarf. Diese Meinung äußerten bei der Befragung speziell die Experten.

Diese intensive Beobachtung ist die Grundlage für kurzfristige Handlungen (z.B. Intervention gegen Schnecken, zweite Ährenbehandlung im Weizen bei feuchter Witterung zur Blüte etc.). Diese Reaktionsmöglichkeit ist in Feldversuchswesen nicht immer sicher gestellt.

Ein Lösungsansatz wäre hier ein echter Systemansatz, wie er z.B. in Projekt ITADA 03 verfolgt wird. Vordefinierte einzuhaltende Entscheidungsregeln ermöglichen eine Vergleichbarkeit der Anbausysteme, ohne eine Reaktion des Versuchsanstellers auf die Ansprüche der einzelnen Varianten auszuschließen.

Außerdem fiel auf, dass aus organisatorischen Gründen bei wissenschaftlichen Untersuchungen z.T. nicht mit der optimalen Technik gearbeitet wird, z.B. weil diese nicht am Standort verfügbar ist.

Die genannten Umstände können zu Ergebnissen führen, die für die pfluglosen Verfahren infolge der Versuchskonzeption und der Randumstände nicht die Erträge repräsentieren, die in der Praxis erzielt werden können, wo der Landwirt flexibel auf die Bedürfnisse der Kultur und des Anbausystems reagieren kann. Die Veröffentlichung von unter diesen Bedingungen erarbeiteten Versuchsergebnissen kann, sofern sie von der Praxis zur Kenntnis genommen werden, durchaus ein Hemmnis für umstellungsinteressierte Betriebe darstellen.

3 Erhebung der Praxis von pflugloser Bodenbearbeitung bei Landwirten am Oberrhein

3.1 Methoden

3.1.1 Stichprobenauswahl

Die vorgenommene Auswahl hatte zum Ziel, etwa 30 Befragungen innerhalb der Gesamtheit von etwa 100 Landwirten durchzuführen, wobei eine möglichst große Vielfalt angestrebt wird:

- der Standortbedingungen, durch die Auswahl von 1 bis 2 Betrieben je Klein-Naturraum im Elsass, ausgehend von der Landschaftsbeschreibung in den von der ARAA herausgegebenen „Guides des sols“.
- der Betriebssysteme mit Ackerbau, ein- und mehrjährigen Sonderkulturen sowie Tierhaltung mit verschiedenen Tierarten.

Die Grenzen der Übertragbarkeit der Ergebnisse sind hiermit aufgezeigt. Die gesammelten Daten decken ein breites Spektrum an Situationen ab.

3.1.2 Die Analysenmethode der Funktionsweise von Betrieben

Die Analyse der Funktionsweise eines landwirtschaftlichen Betriebes erlaubt es, das Umfeld des Betriebes kennen zu lernen, in dem die pfluglosen Bodenbearbeitungsverfahren angewendet werden, sowie die entscheidenden Punkte in der strategischen Zielsetzung der Landwirte bei der Entscheidung für pfluglose Bodenbearbeitungsverfahren nachzuvollziehen. Die angewandte Methode ist der *Approche globale de l'exploitation agricole – AGEA* (globale Betrachtungsweise von landwirtschaftlichen Betrieben)². Dabei handelt es sich um die 'Untersuchung eines Entscheidungs- und Handlungskomplexes von Personen in ihrer Umwelt mit dem Bestreben, die diesem Betrieb gesetzten Ziele zu erreichen'. Der Betrieb wird dabei als System betrachtet, d.h. als Gesamtheit von dynamisch interagierenden Bestandteilen, die in Bezug auf ein vom Landwirt und seiner Familie festgelegtes Ziel organisiert ist.

AGEA behandelt mehrere Themen:

- Allgemeine Beschreibung des Betriebs
- Vorzüge und Nachteile des Produktionssystems
- Ziele und Strategien der Landwirte, die in der Wahl der Produktionszweige sowie deren Intensität und Produktivität zum Ausdruck kommen.

In dem Gespräch soll die Bedeutung der pfluglosen Bodenbearbeitung in der gesamten Entwicklung des Betriebs (Strategieänderungen, Größe und Struktur des Betriebs, Veränderungen bei den Kulturarten, deren Anbauflächen und Produktionsverfahren sowie im Bereich der Tierhaltung) sowie bei den aktuellen Vorhaben erörtert werden.

² BONNEVIALE J-R., JUSSIAU R., MARSHALL E., 1989, *Approche globale de l'exploitation agricole*, INRAP, 329p

Die Analyse jedes Betriebs mündet in einem 'Betriebsporträt', das dessen Funktionsschema entspricht (s. Abb. 15). Das Produktionssystem (in der Mitte) leitet sich aus den Zielen des Landwirts und seiner Familie ab (oberer Teil). Die Strategien des Landwirts zur Erreichung seiner Ziele unterliegen den von Produktionsbedingungen und der sozio-ökonomischen Umwelt gesetzten Rahmenbedingungen (unterer Teil).

Allgemeines Betriebsportrait, fiktiver Beispielbetrieb

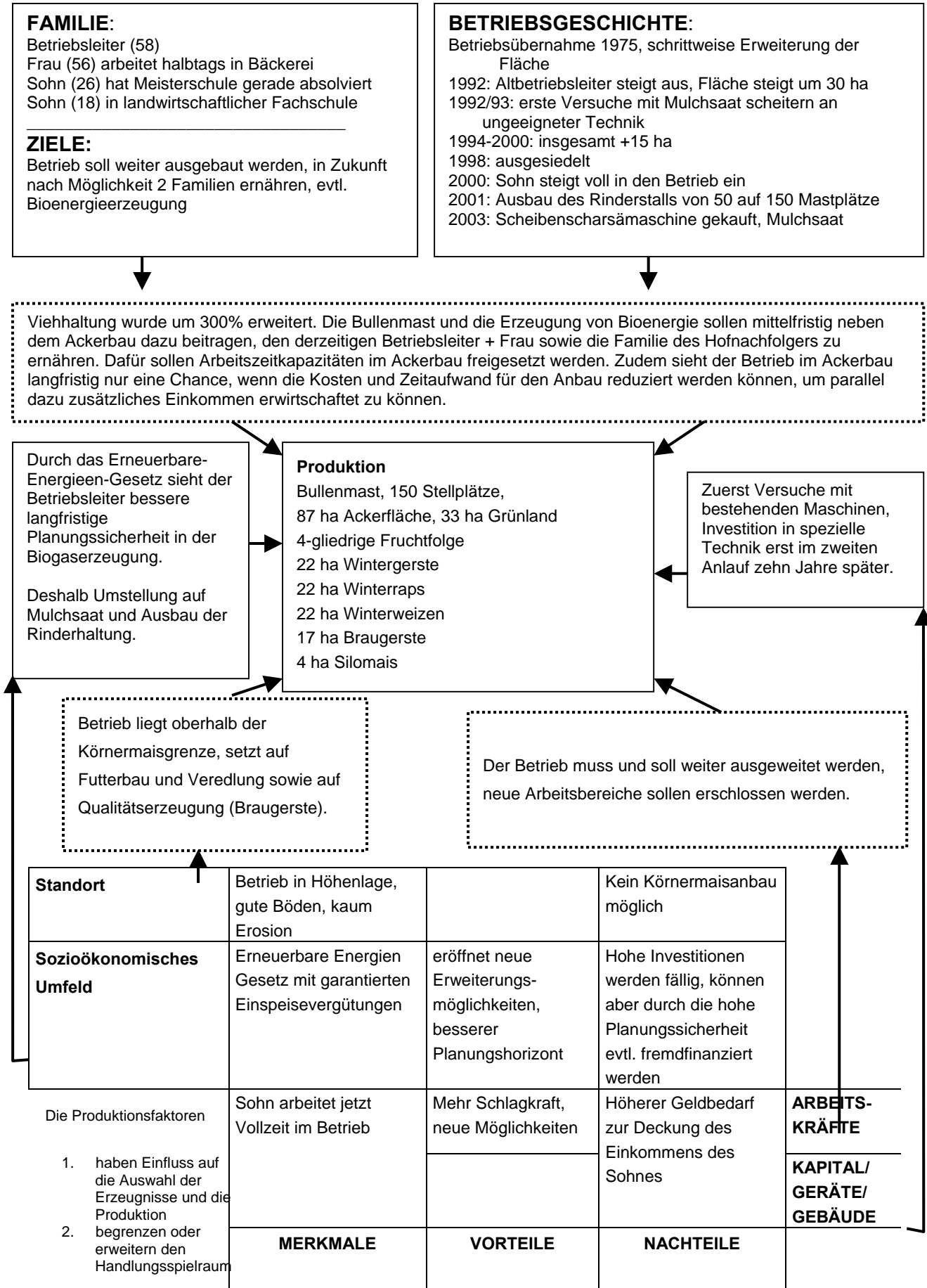


Abbildung 15: Beispiel eines Betriebsportraits (Fiktiver Beispielbetrieb)

3.2 Ergebnisse

3.2.1 Die befragten Betriebe in der Landschaft

Stichprobe

Befragt wurden 37 Betriebe mit pflugloser Bodenbearbeitung: 21 auf französischer Seite und 16 auf deutscher Seite. Einer der Betriebe ist zur Pflugbearbeitung zurück gekehrt, wurde aber dennoch aufgenommen, um die Motive der Aufgabe zu erheben (Betrieb 19). Im Folgenden identifiziert die in Klammern angegebene Nummer den jeweiligen befragten Betrieb.

Die Aktivitäten der Landwirte sind sehr vielfältig. Das ermöglicht es, die Rahmenbedingungen von jeder Kategorie näher zu untersuchen. 18 Landwirte betreiben ausschließlich Ackerbau, 8 Spezialkulturen und 11 Tierhaltung. Die Anzahl der benötigten ständigen Arbeitskräfte ist unterschiedlich. So ist das Verhältnis von landwirtschaftlicher Nutzfläche pro Arbeitskrafteinheit bei 101 ha/Ak für die Ackerbaubetriebe, 44 ha/Ak für die Sonderkulturbetriebe und 73 ha/Ak für die Tierhaltungsbetriebe. Drei Landwirte sind Nebenerwerbslandwirte im juristischen Sinne (17; 18; 20). 13 Betriebe haben ein Zusatzeinkommen: Kompostierung (21; 24; 33), pfluglose Bodenbearbeitung (1; 14; 26; 27; 31) und Bodenbearbeitung mit dem Pflug (3; 20), Erntearbeiten (10; 19; 32), Getreidetransport (27) sowie öffentliche Arbeiten (14). Vier Betriebe (7; 24; 25; 31) betreiben ökologischen Landbau, davon 2 ohne Tierhaltung. Im Nachhinein hat sich gezeigt, dass die untersuchte Stichprobe ungefähr 40% der Gesamtheit von pfluglos arbeitenden Landwirten ausmacht.

3.2.1.2 Repräsentativität der Zusammensetzung der Betriebssysteme im Elsass und in Baden

Das verwendete Instrument ist die elsässische Betriebstypologie.

Aufteilung auf die verschiedenen Familien

Ein erhöhter Anteil an vielseitigen Betrieben

- Die Betriebe der „diversifizierten“ Familie sind stark repräsentiert: Sie machen 32% der untersuchten Stichprobe aus, gegenüber 10% in der elsässischen Typologie.
- Die Familien „Ackerbau“ und „Rinderhaltung“ sind in der Stichprobe unterrepräsentiert.
- Es gibt in der Stichprobe keinen Betrieb mit Schafhaltung.

Ähnliche Betriebsgrößen zwischen den verschiedenen Familien

- Das Verhältnis der landwirtschaftlichen Gesamtnutzfläche in den Familien zeigt dasselbe Bild wie die Verteilung der untersuchten Betriebe. So hat die Familie „Ackerbau“ 49% der Betriebe und 48% Anteil an der gesamten Nutzfläche der Stichprobe. Im Elsass haben die befragten Milchviehbetriebe mehr Fläche als das Mittel der elsässischen Betriebe, und die Ackerbaubetriebe haben weniger Fläche.
- Die mittlere Betriebsgröße bei der Stichprobe schwankt zwischen 113 und 121 ha, je nach betrachteter Familie. Die Schwankungsbreite ist also sehr gering.

Im Folgenden soll nun jede Familie vorgestellt werden (mit der Bezeichnung der Kategorie der in der Typologie genannten Type in Kursivschrift), und in Klammern die entsprechende Abkürzung in Anführungszeichen sowie die Kriterien zur Abgrenzung jeder Kategorie.

Ergebnisse nach Familien

Familie „Ackerbaubetriebe“: Im Elsass machen die sehr kleinen Betriebe („CTPS“ mit landwirtschaftlicher Nutzfläche unter 16 ha) 58% der Betriebsfamilie „Ackerbaubetriebe“ aus. Keiner der Betriebe der Stichprobe fällt in diese Kategorie. Dagegen umfasst die Kategorie „Großbetriebe“ („CGS“ mit einer Mindestbetriebsgröße von 60 ha) 17% der Betriebe in der elsässischen Typologie gegenüber 89% der Betriebe und 97% der Gesamtfläche bei der Stichprobe. Die fehlenden 11% (entsprechend 2 von 18 Betrieben) gehören zu den Kleinbetrieben („CPS“) mit weniger als 40 ha (Abbildung 2). In der Kategorie „Großbetriebe“ (Abbildung 3) sind die vielseitigen Betriebe („CGS Poly“ mit weniger als 40% Maisanteil an der Antragsfläche ohne Stilllegung) gut vertreten, während die Maisbetriebe mit Beregnung wenig vertreten sind („MMI“ und „DMI“ mit mehr als 65% beregneter Fläche). Die *nicht beregnenden Mais-Monokultur-Betriebe* („MMNI“ mit über 95% Maisanteil in der Fruchtfolge) oder mit *vorherrschenden Maisanbau* in der Fruchtfolge („DMNI“ mit weniger als 95% Maisanteil in der Fruchtfolge) sind besser vertreten. Was den Maisanteil an der landwirtschaftlichen Nutzfläche angeht, so ist diese in der Stichprobe etwas kleiner: 55% gegenüber 65% für die Familie der Ackerbaubetriebe, 54% gegenüber 70% für die Großbetriebe. Dies lässt sich durch die relativ geringen Maisflächen bei nicht beregnenden Landwirten („DMNI“) erklären. Die Fläche pro Arbeitskrafteinheit (ha/Ak) ist in der Stichprobe deutlich höher: 100 ha/Ak gegenüber 59 ha/Ak in der Kategorie Großbetriebe für jeden der verschiedenen Betriebstypen.

Die Betriebe der Stichprobe sind größer, intensiver, was die Arbeitsbelastung angeht und mit einem geringeren Maisanteil.

Familie „vielseitige Betriebe“. Die Familie ist in 2 Kategorien unterteilt: Die *Sonderkulturbetriebe* („CSPE“) und die *diversifizierten Tierhaltungsbetriebe* („DIV“).

Die großen Sonderkulturbetriebe („CSPEGS mit mehr als 60 ha LN) haben bei der Typologie einen Anteil von 24% gegenüber 58% bei der Stichprobe, d.h. 7 von 8 Betrieben der Kategorie *Sonderkulturen*. Die verschiedenen Typen in der Tierhaltung (Schweine, Legehennen, Masthähnchen und Pferde) sind jeweils nur durch einen einzelnen Betrieb vertreten. Ihre Ergebnisse sind deshalb schlecht zu extrapolieren.

Beim Typ der *großen Sonderkulturbetriebe* („CSPEGS“) haben die Betriebe der Stichprobe eine größere Fläche, einen höheren Maisanteil und mehr Fläche pro Arbeitskraft. Im übrigen sind die Flächen an Sonderkulturen größer: 9 ha bei Tabak gegenüber 4,7 ha; 8 ha bei Hopfen gegenüber 1,3 ha. Außerdem ist der Umfang der Tierhaltung größer (Hähnchen, Schweine, Pferde).

Die Betriebe der Stichprobe verbinden also Ackerbau auf größerer Fläche und mit mehr Sonderkulturen bei geringerem Arbeitskräftebesatz.

Familie „Milchviehbetriebe“. Die Kategorie *der sehr großen Milchquoten* („TGQ“) mit Milchquoten über 550.000 Liter, einer Landwirtschaftsfläche von mehr als 120 ha und

einen Anteil an Verkaufsfrüchten der landwirtschaftlich genutzten Fläche von über 40% hat einen Anteil von 4% an den elsässischen Betriebe insgesamt und 40% an der Stichprobe mit 5 Betrieben. Die Kategorie *der kleinen Quoten* (Quoten unter 80.000 Liter) ist in der Stichprobe nicht vertreten.

Die Kategorie mit *sehr großer Quote* („TGQ“) ist gekennzeichnet durch eine Landwirtschaftsfläche, die im Mittel der Stichprobe leicht niedriger liegt (174 ha gegenüber 181 ha), bei Mais aber einen höheren Anteil aufweist (75 ha gegenüber 63 ha). Der Mittelwert der Quoten von den Betrieben der Stichprobe ist deutlich tiefer: 496.000 Liter gegenüber 699.000 Liter im gesamten Elsass.

Die Kategorie *der großen Quoten* („GQ“) ist im Mittel gekennzeichnet durch eine leicht größere Fläche sowie einen deutlich geringeren Maisanteil, weil einer der Betriebe der Stichprobe Ökolandbau betreibt und der andere einen sehr hohen Grünlandanteil aufweist. Der Mittelwert der Quoten ist sehr ähnlich (320.000 Liter).

Die Betriebe der Familie „Milch“ liegen mehr im Mittel ihrer jeweiligen Kategorien.

Familie „Rindfleisch“: 57% der elsässischen Betriebe die zu dieser Familie gehören haben Mutterkühe. Die Stichprobe enthält 2 Betriebe des Typs *Bullen große Herden, große Flächen* (Type „TGTGS“, über 80 ha und mehr als 40 Bullen), wie es für 4% der elsässischen Betriebe zutrifft.

Die Stichprobe weist größere Flächen (115 ha gegenüber 98 ha) und eine größere Bullenproduktion (160 gegenüber 95) auf, hat jedoch deutlich geringere Maisflächen (22 ha gegenüber 49 ha). Dies lässt sich durch den Umstand erklären, dass es sich dabei um Betriebe aus Deutschland handelt, die von einer besonderen Förderung für die Beibehaltung von Grünland profitieren.

Schlussfolgerung: Die pfluglos arbeitenden Betriebe sind relativ groß.

Die befragten Betriebe fallen mehrheitlich in die Kategorie der Großbetriebe der jeweiligen Familie. Bei der Familie „Milch“ liegen die Betriebe der Stichprobe etwa im Mittel der elsässischen Betriebe jeder Kategorie, manchmal auch etwas darunter. Was die drei anderen Familien „Ackerbau“, „Diversifizierung“ und „Rindvieh“ angeht, so liegen die Betriebe der Stichprobe über den Mittelwerten und gehören zum Spitzenfeld jeder Kategorie und jeden Typs. Mehrere Hypothesen können dafür angeführt werden. Sie werden im Folgenden erläutert.

- Das Verhältnis ha/Ak ist in der Stichprobe höher. Die pfluglose Bodenbearbeitung setzt Zeit frei für andere Arbeiten im Betrieb.
- Die großen Betriebsflächen erlauben eine bessere Auslastung der für die pfluglose Bodenbearbeitung erforderlichen Spezialgeräte.
- Die vielseitigen Betriebe sind am stärksten repräsentiert, was zeigt, dass die Diversifizierung eine Streuung der Risiken zwischen den verschiedenen Kulturen ermöglicht.

3.2.2 Typologie der Funktionsweise der befragten Betriebe

Die unterscheidenden Variablen

Die ursprüngliche Hypothese lautet: Anbautechniken ohne Pflug sind an eine besondere Funktionsweise des landwirtschaftlichen Betriebes geknüpft. Das Ziel der

Untergliederung ist, Gruppen von Betrieben auszuweisen, die sich anhand sachdienlicher Kriterien unterscheiden lassen. Diese Unterscheidungskriterien sind:

- das Niveau der ökonomischen Bedürfnisse der Familie (Lebenshaltungsniveau) in Bezug auf die Größe des Betriebs (SAU), seine Spezialisierung (Marktfruchtbau, andere Produktionsarten), die Tätigkeit der Ehefrau und Tätigkeiten in Nebenbetriebszweigen.
- die persönlichen Ziele des Landwirts und seiner Familie
- die Entwicklung des Betriebs im Zusammenhang mit der pfluglosen Anbautechnik (Grund der Umstellung und Vorteile des pfluglosen Anbaus).

Jede Gruppe wird mit Bezug auf eine bestimmte Anzahl von Strukturelementen (Produktion), Funktionen und Praktiken (der Art und Weise, die pfluglosen Anbautechniken in Zusammenhang mit der Verfügbarkeit von Zeit und Geld anzuwenden) kommentiert.

Auf diese Art und Weise wurden 7 Gruppen gebildet.

Tabelle 28: Typologie pfluglos arbeitender Betriebe

Ziel:	Gruppe 1: «Betriebsleiter möchte Landwirt bleiben, auch auf einem kleinen Betrieb»	Gruppe 2: «Außerlandwirtschaftliche Tätigkeiten mit der Bewirtschaftung eines Großbetriebes unter einen Hut bringen»	Gruppe 3: «nach dem Eintritt eines weiteren Familienmitarbeiters zusätzliches Einkommen erwirtschaften»	Gruppe 4: «Im Hinblick auf eine Betriebsübergabe die Wirtschaftlichkeit sicher stellen »	Gruppe 5: «Das Einkommen verbessern und stabilisieren durch Optimierung eines Produktionssystems»
Funktions- elemente	<ul style="list-style-type: none"> kleiner Betrieb (< 60 ha) weitere berufliche Tätigkeiten Strategie der Vereinfachung 	<ul style="list-style-type: none"> großer Betrieb (> 85 ha) Außerlandwirtschaftliche Aktivitäten, beruflich oder nicht 	<ul style="list-style-type: none"> Sonderkulturen vor kurzem Eintritt einer weiteren Familien-AK Reduzierung der Kosten 	Ziel: Wirtschaftlichkeit und Arbeitsbelastung verbessern	<ul style="list-style-type: none"> Großbetriebe (> 165 ha) mit Tierhaltung
pfluglose Anbau- verfahren	<ul style="list-style-type: none"> als Teil der Strategie der Vereinfachung alles pfluglos Anpassung der Flächennutzung 	Ziel: Zeit gewinnen <ul style="list-style-type: none"> auf der gesamten Fläche schnelle Umstellung 	<ul style="list-style-type: none"> mit herkömmlichem Material schnelle Umstellung der Flächen auf pfluglose Verfahren 	<ul style="list-style-type: none"> aus landbaulichen Gründen sehr schnelle Umstellung hohe Investitionen in Spezialgeräte neben pfluglosen Verfahren noch weitere Projekte 	<ul style="list-style-type: none"> aus landbaulichen Gründen schnelle Umstellung hohe Investitionen in Spezialgeräte neben pfluglosen Verfahren noch weitere Vorhaben
Ziel:	Gruppe 6A: «Freizeit in Betrieben, die bereits vor Umstellung auf pfluglos strukturiert wurden»	Gruppe 6B: «Arbeitsspitzen bewältigen in Großbetrieben»	Gruppe 6C: «Zeit für Aktivitäten für den Ackerbau ergänzende Aktivitäten»	Gruppe 7: «den Betrieb vergrößern oder weiterentwickeln»	
Funktions- elemente	<ul style="list-style-type: none"> mittlere bis große Betriebe (> 90 ha) diversifiziert mit Tierhaltung und Sonderkulturen Familienarbeitskräfte Ziele: Zeit gewinnen (Freizeit und Arbeitskapazitäten für die Tierhaltung)	<ul style="list-style-type: none"> (Sehr) große Betriebe (135 bis 307 ha) Ackerbau (Marktfucht) niedriger Arbeitskräftebesatz Ziel: Zeit gewinnen/ die Arbeit innerhalb der (normalen) Arbeitszeit bewältigen	<ul style="list-style-type: none"> Tierhaltung und Lohnunternehmen Vereinfachung der Arbeiten im Ackerbau Ziel: Zeit gewinnen (und Kosten senken)	<ul style="list-style-type: none"> mittlere bis große Betriebe (> 78 ha) immer auch Lohnunternehmer Ziel: Die Betriebsfläche vergrößern	
pfluglose Anbauverfa hren	<ul style="list-style-type: none"> nur partiell 	<ul style="list-style-type: none"> partiell (nicht auf der Gesamtfläche) Umstellung im Zuge der Betriebsvergrößerung evtl. keine Spezialgeräte 	<ul style="list-style-type: none"> Spezialgeräte und schnelle Arbeit 	<ul style="list-style-type: none"> Bezug zur Vergrößerung? seit langem auf der gesamten Fläche sehr spezifische Geräte; Überbesatz 	

Schlussfolgerungen der Typologie:

Pflugloser Anbau betrifft nicht nur die großen Betriebe, sondern auch Kleinbetriebe (Gruppen 1 und 3). Diese werden durch den starken wirtschaftlichen Druck dazu gezwungen, ihre Kosten unter Kontrolle zu halten und herkömmliche Geräte zu verwenden. Diese Betriebe sind auch am ehesten bereit, ihr Betriebssystem anzupassen, um es zu vereinfachen, autonomer zu gestalten und Zeit freizusetzen, insbesondere dann, wenn das Einkommen durch zusätzliche Tätigkeiten verbessert werden kann.

Große Betriebe investieren nicht gleich: Sie haben keine außerlandwirtschaftlichen Tätigkeiten, und das traditionelle Material stellt sie zufrieden, trotz der Zweifel, die sich in der Beibehaltung der Pflugbewirtschaftung auf bestimmten Flächen widerspiegeln (Gruppe 6, Klassen 1 und 2). Landwirte mit bedeutsamen Nebenerwerbstätigkeiten (doppelte Erwerbs- oder Unternehmenstätigkeit) versuchen, im Bereich ihres landwirtschaftlichen Betriebes, der ziemlich groß ist, Zeit freizusetzen. Sie setzen ihre Investitionsfähigkeit zugunsten des Zeitgewinnes ein: Beschaffung von Spezialgeräten mit hoher Flächenleistung in geeigneten Anbausystemen (Gruppen 2 und 6.3). Mehr noch als die Investitionsfähigkeit der Betriebe beeinflussen die ökonomische Bedeutung und die finanziellen Sicherheit der Nebenerwerbstätigkeiten (oder aus anderen des Betriebszweigen) die Wahl der Investitionen in Spezialgeräte sowie die Risikobereitschaft bezüglich des ausgewählten Anbausystems.

3.2.3 Gründe für den Übergang zum pfluglosen Anbau

Für jeden Betrieb wurde eine Hierarchie der Gründe erstellt, da mit der Umstellung auf pfluglosen Anbau meist mehrere Ziele verfolgt wurden.

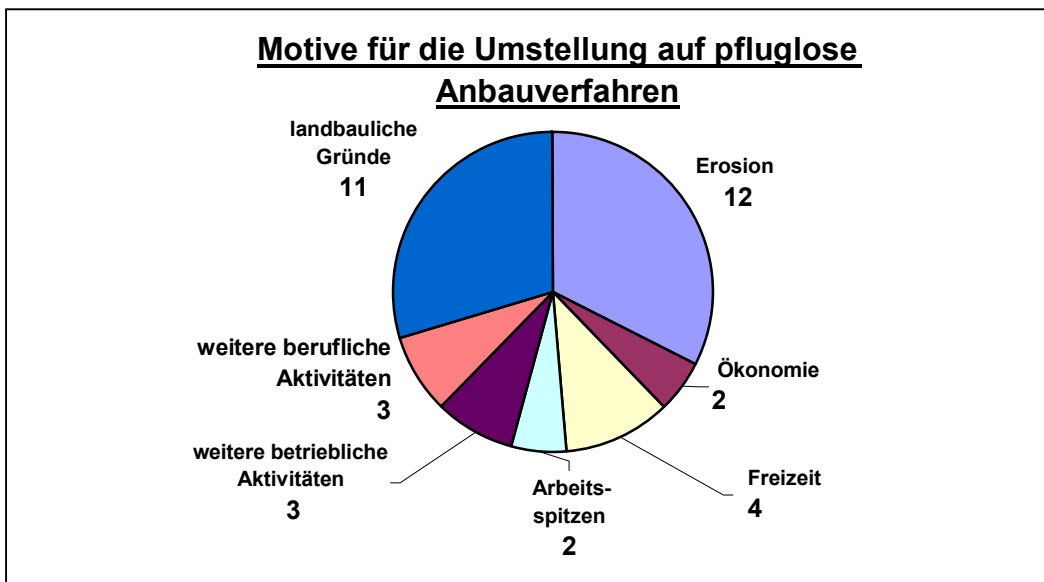


Abbildung 16: Motive für die Umstellung auf pfluglose Anbausysteme

Die Bedeutung der geographischen Lage für die agronomischen Motive (Gruppen 4;5 und 6C)

Die agronomischen Motive und an erster Stelle der Faktor Erosion stechen klar hervor (Abb. 1). Zehn der zwölf betroffenen Betriebe befinden sich in einem Gebiet mit hügeligem Gelände und erosionsgefährdeten Hängen. Die Böden sind lehmig mit labiler Struktur. Alle befragten Betriebe in Erosionslagen einschließlich jener, die die pfluglose Bearbeitung ursprünglich aus anderen Gründen übernommen hatten, konnten die Auswirkungen der pfluglosen Bearbeitung auf die Erosion feststellen. Auf französischer Seite sind die Betriebe interessanterweise nach 1998 zur pfluglosen Bearbeitung übergegangen, mehrheitlich sogar nach 2000, dem Jahr, in dem erstmals groß in den Medien über die Schlammlawinen in mehreren elsässischen Dörfern berichtet wurde. Auf deutscher Seite ist die Berücksichtigung dieser Schadensfälle viel älter: In jedem Fall mehr als elf Jahre und mehr als zwanzig Jahre in drei Fällen (23, 33, 35). Zwei Betriebe liegen in der Illebene, wo es bei Überschwemmungen zu Wassererosion kommen kann und auf sandigen Böden auch zu Winderosion (24).

Die anderen **agronomischen** Gründe sind unterschiedlich: die beiden Betriebe der Hardt führen den niedrigen Humusgehalt (1) und die geringe biologische Aktivität der Böden an (7). Dies gilt auch für drei andere Landwirte der nordelsässischen Ebene und des Sundgaus (13 ; 17 ; 19). Drei dieser letztgenannten Landwirte haben die pfluglose Bearbeitung mit ihrem Interesse für den biologischen Anbau in Verbindung gebracht. Die Betriebe in den Alluvialebenen verschiedener Flüsse, namentlich des Rheins, sind von einem zu langsamen Abbau organischer Substanz in humusreichen Böden betroffen und streben eine bessere Wasserinfiltration bei staunassen Böden an (15, 22, 25, 36).

Die sekundären Begründungen: der Zeitgewinn (Gruppen 2 und 6A)

Das Ziel des Zeitgewinns wird nur von jenen Betriebe genannt, die relativ bedeutende Flächen an Marktfrüchten besitzen (mindestens etwa 60 Hektar), da dort der Zeitgewinn beträchtlich sein kann. Die Betriebe der Gruppen 1 und 3 sind demnach nicht betroffen.

Vier Tierhaltungsbetriebe haben die pfluglose Bearbeitung eingeführt, um Zeit für **andere Betriebszweige** zu gewinnen. Sie haben tägliche Stallarbeit zu verrichten (Milchvieh und Hühner, Bullen, Schweine) und mindestens 70 Hektar an Marktfrüchten mit großer Vielfalt (zwei Betriebe der Gruppe 6A). Zwei Getreideanbauer, die Mais- und Weizenanbauflächen von 150 ha und mehr bewirtschaften, wollten Zeit gewinnen, um **Arbeitsspitzen** zu brechen (16, 29). Drei Getreideanbauer versuchten, Zeit für ihre berufständischen Aktivitäten zu gewinnen. Für zwei davon (18, 26) war dieser Zeitgewinn eine Voraussetzung für die Fortführung dieser Aktivitäten, da eine Vergrößerung vorgesehen war.

Zwei Betriebe sind zur pfluglosen Bearbeitung übergegangen, um ihre Kosten zu senken: Sie bewirtschaften 40 bzw. 60 ha (14 und 31 von Gruppe 1).

In der großen Mehrzahl der Fälle (bis auf 19) ermöglichte die pfluglose Bearbeitung, das angestrebte Ziel zu erreichen, trotz Fehlschlägen und Ertragsreduktionen in manchen Fällen. Dies betrifft insbesondere diejenigen Landwirte, die Anbaufehler begingen.

3.2.4 Die Phase der Anpassung an die pfluglose Bearbeitung

3.2.4.1 Die Versuche des ersten Jahres

Um die Landwirte in dieser eher schwierigen Phase unterstützen zu können, wurden in den Befragungen auf französischer Seite mehrere Punkte vertieft: Dabei handelt es sich um die Dauer der Umstellung und deren Ursachen, die zuvor durchgeführten Versuche, die Entwicklungen der Bodenoberfläche und der Geräte sowie die wichtigsten Hemmnisse.

Die für die ersten Versuche verwendeten Geräte:

Fünfzehn von einundzwanzig Betrieben haben traditionelles Gerät benutzt, das auf dem Betrieb verfügbar war, in der Regel Grubber und Federzinkenegge. Die Grenzen wurden schnell deutlich: Verstopfung der Werkzeuge (Sämaschinen, Eggen, Grubber), schlechtere Einebnung (bleibende Erosionsrinnen), mittelmäßige Arbeitsleistung, fast gleichbleibende Anzahl an Arbeitsgängen.

Sechs Betriebe führten Versuche mit Spezialgeräten durch (vier der fünf Betriebe stammten aus den Gruppen 4 und 5): drei mit Perrein-Pflug, einer mit Disc'o-Mulcher (5), zwei mit Horsch Exakt-Sämaschinen (18, 19). Außer im Fall 5 und 19 wurden die Versuche durchgeführt, weil entweder der Nachbar oder der Maschinenhersteller bereit war, das Gerät auszuleihen.

Die im ersten Jahr bearbeitete Fläche

Sechs Landwirte haben die pfluglose Bearbeitung im ersten Jahr auf der gesamten Fläche durchgeführt, die Hälfte davon mit nichtspezifischem Gerät (drei der vorgenannten Betriebe und drei Betriebe der Gruppen 1 und 3). Dazu zählen die Landwirte, die kein gemischtes System wollten (1) oder kein Verfahren, das die Beibehaltung des Pflügens voraussetzt (7, 14): ein Landwirt, der im Jahre 1998 eine großflächige Verschlämmung auf seinen Ackerflächen erlebte (6) und zwei Landwirte, die Spezialgeräte kauften, ohne es vorher zu testen (5, 19). Dagegen begannen fünfzehn Landwirte mit der pfluglosen Bearbeitung auf einem Teil ihrer Anbaufläche (meistens nur geringer Anteil).

Versuche auf Bodenarten, die sich hinsichtlich der Motivation für pfluglose Bearbeitung unterscheiden

Diejenigen Landwirte, die zum pfluglosen Anbau übergegangen sind, um gegen Erosion vorzugehen oder wegen Schwierigkeiten wie Verschlämmung oder unzureichender Umsetzung von organischer Substanz in humusreichen Tonböden, haben den pfluglosen Anbau meist mit traditionellen Geräten direkt auf den Problemparzellen erprobt (außer 10).

Bei den anderen Begründungen waren die Kriterien unterschiedlich: die Versuchsflächen waren „die einfachsten Böden“, d.h. die leichtesten des Betriebs (vier Landwirte), die „Winterkulturen“ (fünf Landwirte), „nicht rechtwinklige Parzellen“ (zwei Landwirte) bzw. Parzellen „abseits vom Blick der Leute“ (zwei Landwirte).

Letztendlich ist es die Forderung nach raschem Handeln und Ergebnissen, verbunden mit der Investitionsmöglichkeit, welche die Art der vom Landwirt durchgeführten Versuche bestimmt. Zum Beispiel wird ein Landwirt, der mit der pfluglosen Bearbeitung Zeit sparen möchte, diese

auf einer kleinen Anbaufläche versuchen und zwar auf jenen Böden, die sich erwartungsgemäß am einfachsten mit pfluglosen Anbauverfahren bewirtschaften lassen. Andererseits wird ein Landwirt in einem erosionsgefährdeten Gebiet die pfluglose Bearbeitung unabhängig von der Bodenart auf den anfälligsten Parzellen einführen. Das benutzte Gerät hängt von den Risiken ab, die er eingehen will bzw. kann, oder von den Möglichkeiten, Maschinen auszuleihen.

3.2.4.2 Dauer des Umstellung

Mehrere Faktoren für die Dauer

Die längsten Umstellungszeiträume (10 Jahre) betreffen insbesondere diejenigen Landwirte, die Sonderkulturen anbauen: Die Zuckerrübe und vor allem die Kartoffel erscheinen als die schwierigsten Kulturen durch ihre Anforderung an eine lockere Bodenstruktur auf 15-20 cm Tiefe. Auf deutscher Seite praktizieren mehrere Betriebe das pfluglose Bearbeitungsverfahren seit mehr als 20 Jahren, in der Fruchtfolge kommt es dabei allerdings zu einer Koexistenz mit dem Pflug (Weizen in pflugloser Bearbeitung und Mais in Bearbeitung mit Pflug).

Als weitere Probleme werden genannt: Tonböden und Maisanbau in Monokultur. Darauf wird später näher eingegangen.

Tabelle 29: Entwicklung von Geräten und Einsatzflächen

Entwicklung des Geräts	der Einsatzfläche	schnell (alles in 2 Jahren)	langsam
schnell (Investition in 2 Jahren)		10 Betriebe: 2, 14, 19, 21 Gruppe 2 (8, 18, 20), Gruppe 5 (5, 10)	In keinem Fall
langsam		4 Betriebe: 17, Gruppe 3 (6, 7, 12)	7 Betriebe: 3, 4, 13, Gruppe 6A (9, 11), Gruppe 6B (15, 16)

Diese Entwicklungen sind zu mehreren Faktoren in Beziehung zu setzen: die Investitionsfähigkeit der Betriebe und die Risikobereitschaft des Landwirtes (in Bezug auf die Vorstellung, dass für die pfluglose Bodenbearbeitung Spezialgeräte notwendig sind) und auf die Erwartungen hinsichtlich der Erfolgchancen bei bestimmten Bodentypen.

Oft sind zwei Jahre nötig, um den Nutzen einer Beschaffung von Spezialgeräten abzuschätzen: erste Ergebnisse der pfluglosen Bearbeitung und Identifizierung des am besten geeigneten Gerätes. Sobald eine Investition getätigt ist, muss sie sich rentieren, weshalb eine Ausdehnung der Einsatzflächen erfolgt. Die Betriebe der Gruppen 2 und 5 zeigen gleichzeitige, schnelle Entwicklungen: Sie haben eine solide Investitionsbasis. Das für die Bekämpfung der Erosion beschaffte Gerät kommt auf dem ganzen Betrieb zum Einsatz. Die Gruppe 3 und der Betrieb 17 können oder wollen angesichts der schwachen Investitionsfähigkeit und der geringen Bedeutung der Marktfrüchte nicht investieren. Dennoch werden die Anbauflächen bald vollständig pfluglos bewirtschaftet, weil nicht so viel auf dem Spiel steht. Außerdem sind sie mit dem traditionellen Gerät vollkommen zufrieden.

Schließlich hätten die Betriebe der letzten Gruppe (charakterisiert durch die langsame Entwicklung des Geräts und der Flächen) mit Ausnahme von Betrieb 3 (der einzige mit konsequent pfluglosem Anbau in dieser Gruppe) in den zwei ersten Jahren investieren können,

doch sie handeln langsamer, weil sie zuerst das Risiko genauer kennen lernen wollten und außerdem nicht in den erosionsgefährdeten Zonen liegen. Die Benutzung von wenig spezifischem Gerät (nur Sämaschinen mit Scheibenscharen) ist noch weit verbreitet. Sie kann für die Anwendung auf der Gesamtfläche ein Hindernis darstellen, z.B. bei Tonböden, die im Frühling schlecht abtrocknen (4, 9, 16), oder bei Mais in Monokultur (11). Die Benutzung von Spezialgeräten für die pfluglose Bearbeitung wird nicht als Lösung für Probleme mit Tonböden aufgefasst. Im Gegenteil gelten die am stärksten reduzierten Verfahren wie die Direktsaat auch hier als die risikoreichsten (mangelnde Bodenerwärmung, Verschmierung, zu wenig Feinerde, Auflaufverluste und ungleicher Auflauf).

Sind die pfluglosen Bearbeitungstechniken stabil?

Nur die Hälfte der Landwirte gaben eine positive Antwort. Teilweise sind zehn Jahre Probieren nötig, um ein geeignetes Anbausystem zu entwickeln (Begrünung, Gerät, Einsatzbedingungen). Diejenigen, die einen starken agronomischen Ansatz haben oder viel Zeit und Geld investiert haben, schaffen es schneller. Ein Betrieb, der bei den Winterungen zur pfluglosen Bearbeitung übergegangen sind, wartete zehn bis fünfzehn Jahre, bevor sie auch den Maisanbau umstellten (26). Andere fanden in dieser Zeitspanne keine geeigneten Techniken für den Maisanbau in tonhaltigen Böden (9, 16, 35, 37).

3.2.4.3 Faktoren für den Misserfolg in Verbindung mit der Umstellungsphase

Zwei der befragten Betriebe, die bis heute ungelöste Probleme mit der Bodenstruktur haben (5, 19), können umgruppiert werden. Einer dieser Landwirte hat die pfluglose Bearbeitung deshalb aufgegeben. Bei diesen Landwirten kamen mehrere Misserfolgskfaktoren zusammen: keine Versuche auf Teilflächen, Einsatz von Spezialgeräten auf der Gesamtfläche ab dem ersten Jahr; Beschaffung dieses Geräts ohne vorhergehende Versuche und schließlich die Vorstellung, die pfluglose Bearbeitung sei nur eine Frage des Geräts.

Es zeigt sich durch diese Untersuchung, dass die im ersten Jahr gemachte Erfahrung zweifellos eine Bereicherung darstellt, um die bei Pflugverzicht ablaufenden Mechanismen einschätzen zu können. Spezialgeräte sind dabei nicht zwingend erforderlich.

3.2.4.4 Die Notwendigkeit von Begleitmaßnahmen

Technische Begleitung

Die Phase des Übergangs zur pfluglosen Bearbeitung ist sehr heikel, denn die Informationen der Landwirte, die sich an dieser Methode zum ersten Mal versuchen, stützen sich oft nur auf die Erfahrungen des Pflughanbaus (psychologisches Hemmnis, „reiner Tisch“, ein Begriff, der mehrfach wiederkehrte). Die Ausdauer des Landwirtes bei seinem Vorgehen wird jedoch oft vom Ergebnis dieses ersten Versuchs abhängen (der sich oft in einer leichten Ertragsreduktion äußert). Viele Landwirte betonen die Rolle des landwirtschaftlichen Beraters in der (nicht nur technischen) Unterstützung oder bedauern, dass sie sich ihre Erfahrungen, verbunden mit vielen Unsicherheiten und wenigen sinnvollen Ratschlägen alleine machen mussten. Außerdem vertreten einige Landwirte die Meinung, dass das negative Image der pfluglosen Bearbeitung von den schlechten Erfahrungen bestimmter Landwirte herrühre, die Versuche unabhängig von jeglicher Beratung unternahmen.

Finanzielle Unterstützung

Im Rahmen der französischen Agrar-Umwelt-Maßnahme CTE NL (8 von 21) oder des MEKA-Programms (13 von 16) erhielten insgesamt einundzwanzig Landwirte Fördermittel für den Übergang zur pfluglosen Bearbeitung. Auf französischer Seite erhielten bestimmte Landwirte einen Zuschuss von 30% der Investitionen in Spezialgeräte sowie wegen der Risiken von Ertragsverlusten einen finanziellen Ausgleich je Hektar auf pfluglose Bearbeitung umgestellte Fläche und einen finanziellen Ausgleich für Begrünungen. Auf deutscher Seite gab es keine Investitionsbeihilfen. Die Höhe der Unterstützung steht in keinem Verhältnis zu den Risiken, die ein landwirtschaftlicher Betrieb mit der Umstellung auf die pfluglose Bearbeitung eingeht, so dass diejenigen Landwirte abgeschreckt werden, die pfluglosen Anbau lediglich wegen der Förderung betreiben wollen.

Mehrere Landwirte haben die Notwendigkeit dieser Hilfen für die Erhaltung der finanziellen Stabilität ihrer Betriebe betont, insbesondere in den erosionsgefährdeten Gebieten, wo einige Landwirte mit der raschen Umsetzung von Maßnahmen zur Bekämpfung der Erosion begannen und finanzielle Anstrengungen unternahmen, um in die Geräte zu investieren, die ihnen zur Erreichung dieser Ziele am geeignetsten erschienen.

Gewisse Widersprüche in diesen Maßnahmen zeigen jedoch die Schwierigkeit einer gerechten Unterstützung der Landwirte auf. Die deutschen Schweinezüchter, die ihr Getreide für die Fütterung der Tiere verwenden, haben nur schwer Zugang zu einigen Maßnahmen des MEKA-Programms (Erweiterter Drillreihenabstand), weil die Richtlinie dafür nur eine einzige Fungizidbehandlung erlaubt. Da aber Schweine auf Mykotoxine sehr empfindlich reagieren, bevorzugen die Züchter, die Qualität ihrer Futtermittel durch zwei Behandlungen gegen Fusarium abzusichern (dies umso mehr, als in den aktuellen Aussagen der Getreideerfasser und Futtermittelproduzenten der Verdacht geäußert wird, die pfluglose Bearbeitung fördere die Entwicklung der Mykotoxine).

Auf französischer Seite tätigten Landwirte Investitionen, die vom CTE „NL“ gefördert wurden. Zur besseren Amortisierung dieser Geräte müssen sie damit aber auch Arbeiten bei anderen Landwirten ausführen. Der Generalrat des Départements Bas-Rhin bietet dieselben Leistungen allerdings zu viel tieferen Preisen (35 €/ha) an, was als unlauterer Wettbewerb empfunden wird. Für die Zukunft ist ein Vertrag für nachhaltige Landwirtschaft (CAD) „Erosion“ vorgesehen. Im Gegensatz zum CTE „NL“, der allen Landwirten offen stand, müssen die Betriebe, die von einem solchen Vertrag profitieren können, in den vom Flächennutzungsplan (GERPLAN) ausgewiesenen Risikozonen des Départements Haut-Rhin liegen, oder aber in einer der 14 Gemeinden, die im Département Bas-Rhin als „besonders gefährdet“ eingestuft wurden (neben den 120 „nur“ als „gefährdet“ eingestuftten Gemeinden). Nachdem die Gemeindeverbände mit dem Flächennutzungsplan GERPLAN sehr in Verzug geraten sind, ist nicht damit zu rechnen, dass der CAD „Erosion“ in nächster Zeit zum Zuge kommen kann. Wie auch immer könnte der CAD in seiner aktuellen Fassung zu Wettbewerbsverzerrungen zwischen den Landwirten, die sich in erosionsgefährdeten Zonen befinden, und den anderen führen, besonders dann, wenn es darum gehen wird, Leistungen bei anderen Landwirten zu erbringen, um die Geräte bestmöglich zu amortisieren.

3.2.5 Die Wirkungen der pfluglosen Bearbeitung

In diesem Abschnitt werden die im letzten Teil des Fragebogens behandelten Themen vorgestellt und kommentiert. Die Landwirte haben sich mehr oder weniger spontan zu diesen verschiedenen Fragen geäußert. Es geht darum, die unbestreitbaren Vorteile der pfluglosen Bearbeitung zu erfassen, sowie die Begründungen, weshalb die Standpunkte zu ein und demselben Thema auseinandergehen. Die zweite Ziffer der Bruchzahl entspricht, je nach Fall, der Anzahl der brauchbaren Antworten oder der Anzahl Landwirte, die von der Frage betroffen sind. Die Kommentare werden unter der Rubrik „die angeführten Zahlen“ durch die Aussagen der Landwirte ergänzt.

Tab. 30: Die Wirkungen der pfluglosen Bodenbearbeitung

Festgestellte Wirkung	Anteil positiver Antworten	Kommentare
ökonomisch		
Reduktion der mit dem Geräteeinsatz zusammenhängenden Kosten (Kraftstoff, Arbeitskraft)	28/33	Die Landwirte bringen diesen positiven Faktor der pfluglosen Bearbeitung spontan und einstimmig vor. Die Kostenreduktion bleibt für jene Landwirte kaum spürbar, welche die pfluglose Bearbeitung auf einer Fläche von etwa 20 ha betreiben (4, 13) und für jene, die in der Durchführung der pfluglosen Bearbeitung auf Schwierigkeiten stoßen (5).
Erhöhung der Kosten durch Investitionsmaßnahmen	12/35	Betroffen sind nur diejenigen Betriebe, die Spezialgeräte kaufen (zwanzig Betriebe). Acht davon schätzen die Investitionskosten nicht als hoch ein: Zwei investierten in leichtes, aufgesatteltes Gerät (7, 11). Sechs praktizieren die pfluglose Bearbeitung seit mehr als 9 Jahren und haben ihr Material bereits amortisiert. Trotz ihrer guten Finanzkraft, schätzen mehrere Betriebe die Preise für Spezialgeräte als exorbitant hoch ein. <u>Die angeführten Zahlen:</u> Es sind zwischen 150 und 200 ha/Jahr einzuplanen, um ein Sägerät oder einen Mulchtiller bestmöglich zu amortisieren, im Wissen, dass sich der Kaufpreis auf ca. 27000 € beläuft, allerdings mit großen Unterschieden je nach Marke und Gerätegröße.
<u>Die angeführten Zahlen:</u> Gewinn von 25 €/ha durch Häckseln anstatt Stoppelbearbeitung ersetzt (2, 22), +15 Liter Diesel/ha und +50 PS durch den Übergang von einer flachen auf eine tiefere Bearbeitung (8), 30 l/ha Verbrauch Stoppelbearbeitung + Direktsaat mit zwei Hackdurchgängen ohne Beregnung (14); 6-mal weniger Diesel bei Smaragd-Grubber gegenüber Pflugbearbeitung; Gesamtgewinn von 125 €/ha (36).		
Zeit		
Freizeitgewinn	12/12	Betriebsleiter, die mehr Zeit mit der Familie verbringen möchten (Gruppe 6A) und Betriebe, welche die Bodenbearbeitung von Lohnunternehmen ausführen lassen (Gruppe 1). Mehrere Betriebsleiter meinen, dass ein Teil der Zeit, die nicht mehr auf dem Traktor verbracht werden muss, für die Kontrolle, Beobachtungen und die Entscheidungsfindung verwendet wird.
Brechung von Arbeitsspitzen	9/13	Die pfluglose Bearbeitung bringt einen Vorteil für die Betriebe, die Arbeiten in sehr kurzer Zeit erledigen müssen: großflächiger Maisanbau in Monokultur, Weinlese, Maisernte und Weizensaat, Maisaussaat und Tabakanbau. Hingegen meinen vier Landwirte, dass die Arbeitsspitzen in der pfluglosen Bearbeitung stärker ausgeprägt sind, weil das optimale Zeitfenster begrenzt ist. Es sind auch die Landwirte, die über große Flächen verfügen und die die optimalen Bodenbedingungen suchen: Frost (Lehmböden) oder abgetrocknet (Lehmböden und tonhaltige Böden) (5, 10, 15, 18).
Zeit für andere Tätigkeiten im landwirtschaftlichen Betrieb	10/13	betrifft die Betriebe, die mehrere Betriebszweige betreiben: Spezialkulturen und Tierhaltung (systematisch im Weinbau, unabhängig vom System). Drei Landwirte sagen, dass sie keine Zeit für die anderen Tätigkeiten gewinnen, weil sie viele Arbeitsgänge machen oder keine genügend große Fläche haben, um einen ausreichenden Zeitgewinn zu erzielen (40 ha und traditionelle Geräte). Dagegen erzielen diejenigen einen Gewinn, die auf gleicher Fläche spezifisches Gerät einsetzen.
Zeit für andere Tätigkeiten	15/15	für die Betriebe der Gruppen 1, 6C und 7, die auch ein Lohnunternehmen betreiben
<u>Die für den Zeitgewinn genannten Zahlen:</u> 1h50/ha mit Perrein-Pflug und Mulchtiller (1), 1h10/ha mit Grubber + kombiniert mit Aussaat (3), 2h/ha mit Spatenrollegge in drei Durchgängen (9), 1h/ha mit Smaragd-Grubber in Kombination mit Aussaat (15), 70% (26), 90% (14).		

Agronomisch		
Erosionsbekämpfung	18/18	Die Wirkung der pfluglosen Anbautechnik ist klar und unbestreitbar, unabhängig von der Bearbeitungstiefe und der verwendeten Werkzeugart. Entscheidend ist nämlich der Faktor der Bodenwendung. Trotzdem bleiben Rillen von weniger als 5 cm Tiefe bestehen auf Lehm Böden in Hanglage und lehmigen Tonen oder in überschwemmungsgefährdeten Zonen, sofern nicht ausschließlich Direktsaat betrieben wird (4, 8, 11, 15).
Wasserinfiltration	10/12	Die Wasserstagnation am Hangfuß verschwindet nach zwei bis drei Jahren auf Lehm- und Tonböden (1, 15, 16, 27, 29, 34). Zwei Landwirte nannten auch eine gute Abtrocknung bei Tonböden des Rieds (14, 15). Die Kontinuität des Profils in den Befeuchtungs- und Austrocknungsphasen wurde durch tensiometrische Sonden für die Berechnung im Hardeboden gemessen (1).
Widerstand der Böden gegen Trockenheit	11/11	Sichtbar bei jedem Bodentyp, der im Sommer wenig oder stark austrocknet, namentlich im Jahr 2003, ab dem 5. Jahr. Die angeführten Zahlen: Der Gewinn wird geschätzt auf: zwischen 5 Tagen in schnell trocknenden Böden (12, 15) und 15 Tagen in Lehm Böden (10), was die Beständigkeit des Maises gegen Verwelken im Vergleich zu den Nachbarn angeht. Auf den Tonböden des Rieds wurde die Berechnungsgabe reduziert (14).
Tragfähigkeit	18/18	Die am schnellsten sichtbare Wirkung (im 1. Jahr), unabhängig von der Bodenart. Die Stickstoffdüngung auf lehmigen Böden oder die Mistdüngung auf schweren Tonböden zum Ende des Winters verursacht keine Fahrspuren (20, 25).
gute Bodenbearbeitbarkeit	11/14	Nach etwa fünf Jahren wird die Oberflächenstruktur krümeliger, weniger dicht und die Kluten weniger eckig (2, 3). Es entwickelt sich in eine Art „Gries“ (16). Die Direktsaat kann den Pflanzen in tonhaltigen Böden mitunter Schwierigkeiten bei der Durchwurzelung bereiten (8, 2, 15).
bessere Struktur	7/10	Die Bodenstabilität ist verbessert und bei Maschinenüberfahrten gut sichtbar. Dies ist nicht unbedingt während der ersten vier Jahre Direktsaat der Fall oder wenn Verdichtungen in der Tiefe bestehen.
Verschlämmungs-resistenz	7/7	Auf vorwiegend lehmigen Böden begrenzen die Ernterückstände und die stabilere Struktur die Bildung einer Verschlämmungskruste an der Oberfläche.
mehr Regenwürmer	8/9	Mit Ausnahme der Zonen mit starken Verdichtungen wird die Erhöhung des Regenwurmbesatzes oft ab dem ersten Jahr erwähnt.
Verbesserung des Humusgehalts	2/2	Zwei Landwirte haben bei Sandböden im Ried und in der Hardt aufgrund von Bodenanalysen eine Zunahme des Humusgehalts um 1% nach 10 bis 12 Jahren pflugloser Bearbeitung festgestellt (1, 12).
Sonstiges		
Arbeitskomfort	2/3	Gesteigert bei einer schlecht geschnittenen, kleinen Anbaufläche; anfänglich schlechter wegen des Verlusts der Haftung, die der Grund der Pflugfurche (1) bot. Dies wird aber schnell durch die Leichtzügigkeit der Bearbeitungsgeräte wettgemacht. Die Befahrungsbedingungen (Abtrocknung, Frost) und Zwillingsbereifung sind dann zwei weitere wichtige Punkte (1, 3, 10).
Ertrag mindestens gleich	19/28	Der Ertrag bei Betrieben, die vor weniger als vier Jahren zur pfluglosen Bearbeitung übergegangen sind, liegt oft bis zu 10 % niedriger (auch ohne besonderes Strukturproblem). Dies ist auch der Fall für Betriebe, die in pflugloser Bearbeitung bei Weizen etwas ins Hintertreffen geraten sind und erst viel später zum Maisanbau übergangen (20, 25). Eher in lehmigen Böden und unabhängig von der Spezialisierung des Werkzeugs. Die Erträge werden in Problemböden besser: Verschlämmung, Staunässe, Blockierung der Umsetzung von organischem Material, Erosion (3, 14, 15, 35). Neben den Fällen von ungeeignetem Material (Säscharen) oder starker Strukturverschlechterung, ist ein Ertragsverlust während der ersten fünf Jahre oft unvermeidlich (Obergrenze), doch kehrt der Ertrag danach wieder auf seinen alten Stand zurück. Einige gut positionierte Maßnahmen scheinen eine Begrenzung dieser Ertragsverluste zu ermöglichen: Die Lockerung von Sand- und Lehm Böden (2, 8, 20), die Saatbettbearbeitung im Frühling in Kombination mit der Aussaat auf Lehm- und Tonböden, die sich langsam erwärmen (2, 17, 14).

Die Landwirte sind sich einig, dass die pfluglose Bearbeitung gegen die Erosion wirksam ist. Der Zeitgewinn ist insbesondere mit Spezialgeräten bemerkenswert, die flach und schnell arbeiten (Sämaschinen, Stoppelbearbeitungsgeräte). Die damit mögliche Steigerung der Flächenleistung betrifft insbesondere die Großbetriebe, welche die Beschaffung dieser Art von

Material finanzieren können, sofern (bei weniger als 200 ha Einsatzfläche) die Einsatzfläche im Zuge einer Tätigkeit als Lohnunternehmer oder durch Vergrößerung der Betriebsflächen ausgedehnt werden kann.

Die Kostenreduktionen werden nur selten genau ausgewertet: Die Verschleißteile sind billiger für traditionelle, zur pfluglosen Bearbeitung verwendete Geräte, der Verschleiß ist jedoch geringer bei Spezialgeräten im Vergleich zum Pflugschar. Der Kraftstoff wird auch für die Bewässerung verwendet, so dass die Füllstände der Tanks zwischen zwei Arbeitsgängen sich nicht wesentlich unterscheiden. Die Aufzeichnung der Arbeitszeiten wird als störend empfunden und ist nicht verfügbar.

3.2.6 Die technischen Resultate der pfluglosen Anbauverfahren

3.2.6.1 Die Praxis des pfluglosen Anbaus: Welches Gerät für welches Resultat?

Benutzte Bodenbearbeitungsgeräte: Werden Spezialgeräte allgemein eingesetzt?

Unter Spezialgeräten sind spezielle Geräte und Sämaschinen für Direktsaat zu verstehen (mit einem horizontalen Rotor, mit rotierenden Scheiben und Klutenräumern, mit großen Durchgängen), Perrein-Pflug und neue Stoppelbearbeitungsgeräte (Scheiben, „Gänsefußschare“). Zwölf Landwirte benutzen traditionelles Gerät und fünfundzwanzig Spezialgeräte. Von den letzteren stützen sich vier voll auf Lohnunternehmen (zwei kleine und zwei größere Betriebe, die noch andere Betriebszweige haben). Ein einziger verfügt über Geräte des Maschinenrings. Fünf weitere Landwirte verfügen nicht über das gesamte notwendige Gerät und benutzen zusätzliche Geräte, die von anderen Landwirten kommen. Zwanzig Landwirte verfügen schließlich selbst über einen Gerätepark für den pfluglosen Anbau.

Die Hälfte der Landwirte ist mit Lockerungsgeräten ausgestattet (mit Strichabständen von 20 bis 40 cm), mit Rotoreggen (um das spätere Saatbett zu verfeinern und Unkraut zu vernichten), Federzinkeneggen (zum Einebnen und Abtrocknen); ein Drittel mit Grubbern (zum Lockern auf 10 bis 20 cm Tiefe) und Scheibeneggen (um Unkraut zu entfernen, mischen, einzuarbeiten) und ein Viertel mit „Smaragd“-Grubbern (zur Stoppelbearbeitung, um Erde und Ernterückstände zu mischen). Dreiunddreißig Landwirte haben eine Scheiben-Sämaschine für den Mais. Betriebe verschiedener Größe sind mit Schleppschar-Getreidesämaschinen ausgestattet, da sich Spezialmaschinen für kleine Flächen mit Getreide nicht lohnen und sie die Grenzen ihres Materials akzeptieren (Verstopfungen, Ungleichmäßigkeit der Saat). Fünfzehn französische Landwirte haben ihre Mais-Sämaschinen mit rotierenden Strohräumern ausgerüstet, jedoch kein einziger deutscher Landwirt, da der Preis doppelt so hoch ist. Sie stellen oft die einzige verwirklichte Anpassung der vorhandenen Scheibensämaschine dar und arbeiten zur vollsten Zufriedenheit (Regelmäßigkeit der Saat, Freiräumen der Saatreihe).

Besondere Beachtung schenken die Landwirte Geräten zur Zerkleinerung von Ernterückständen: Häcksler und Verteiler für Stroh am Mähdrescher; Stoppelmulcher unter dem Maisgebiss; schleppergezogene Mulchgeräte, Walzen zur Zersplitterung von gefrorenen Stoppelein. Das Mulchen gewährleistet einen schnelleren Abbau der Ernterückstände, was zu weniger Störungen bei der Bodenbearbeitung und der Aussaat führt. Außerdem ist es für die Landwirte ein wichtiger Beitrag zum Kampf gegen den Maiszünsler.

Das Spektrum der einsetzbaren Geräte ist also relativ breit. Es ist möglich, mit traditionellen Bodenbearbeitungsgeräten zu arbeiten, vor allem, wenn es nicht zu viele Ernterückstände gibt oder diese zerkleinert und gut verteilt sind. Bei der Aussaat stoßen

die herkömmlichen Sämaschinen an ihre Grenzen. Für die Direktsaat, sowie in jedem Fall für die Maissaat sind Scheibensämaschinen mit (rotierenden) Stohräumern notwendig.

Zugkraftbedarf: Brauchen die Spezialgeräte mehr Leistung?

Die stärksten Traktoren in den Betrieben haben eine Leistung, die zwischen 80 und 260 PS liegt (acht über 200 PS), mit einem Mittel von 160 PS und einem Medianwert von 140 PS. Die Hälfte der Landwirte arbeitet also mit Material von gewöhnlicher Leistung (weniger als 140 PS). Zwei Faktoren beeinflussen die erforderliche Leistung:

➤ Das Gerät:

Der Perrein-Pflug bearbeitet eine große Bodenfläche und braucht mindestens 170 PS, unabhängig von der Art des Bodens. Die Spezial-Sämaschinen mit 4 m und das Stoppelbearbeitungsgerät mit 5,7 m Arbeitsbreite erfordern mindestens 190 PS, eine hohe Arbeitsgeschwindigkeit und eine größere Breite, um qualitative hochwertige Arbeit zu leisten.

➤ Die Bodenart:

Der Leistungsbedarf ist bei schwerem Tonboden immer höher als bei Sand- und Lehmboden, unabhängig von der Arbeitstiefe und der Art des Gerätetyps.

So tritt eine Gruppe von zehn Landwirten hervor, die weniger als 20 cm tief und fünf Meter breit (mit Ausnahme der Vibrationsegge) arbeiten. Sie arbeiten mit Traktoren von 80 bis 150 PS auf jeder Art von Boden. Sechs haben traditionelles Gerät und versuchen, die Kostenbelastung zu vermindern (zwei Betriebe der Gruppe 1 und vier der Gruppe 3). Nur zwei haben ausschließlich Marktfrüchte, jedoch in einem kleinen Betrieb (31) oder als Ergänzung zu einer anderen Tätigkeit (18).

Der pfluglose Anbau kann zufrieden stellende Resultate erzielen, ohne größere Investitionen in Zugmaschinen und Bodenbearbeitungsgeräte zu verlangen. Die Spezialgeräte erfordern mehr Leistung und betreffen primär reine Getreidebetriebe und Tierhaltungsbetriebe (60% der Landwirte dieser beiden Kategorien sind entsprechend ausgestattet). Vor der Investition muss also geschaut werden, ob ausreichend Zugkraft zur Verfügung steht und, falls dies nicht der Fall ist, ob der Kauf eines stärkeren Traktors in Frage kommt.

Lehren der Landwirte aus dem Geräteeinsatz

Die hauptsächlichen Misserfolge, die festgestellt wurden, beruhen auf dem Einsatz unter nicht abgetrockneten Bedingungen, was zum Verschmieren oder sogar zu Verdichtungen führt. Auch wenn der Schaden reversibel ist (anders als mit Rückkehr zur Pflugbearbeitung, die selten angestrebt wird), machen sich die Ertragsverluste über Jahre hinaus bemerkbar. Die folgenden Lehren sind Ausfluss der Erfahrungen der Landwirte.

Die Zinkenwerkzeuge

- zum Schlitzen

➤ Auf Tonböden sind sie im Herbst einzusetzen (sobald der Boden nach einem ersten stärkeren Regen, der zur Rissbildung führt, wieder abgetrocknet ist) oder im Winter, am besten auf gefrorenem und angetrocknetem Boden, wo die Tragfähigkeit und die Haftung besser sind.

- Unter zu trockenen Bedingungen verursachen Zinkenwerkzeuge für die Brechung in der Tiefe bei Lehmböden Feinerde. Beim ersten Regen bildet diese Feinerde eine Masse, die Regenwurmgänge und Ritzen verstopft. Es ist daher ratsam, diese Maßnahme auf gefrorenem Boden oder kurz vor der Aussaat durchzuführen, um zu vermeiden, Feinerde zu produzieren (Anpassung der Geschwindigkeit, etwas feuchter Boden).
- Unter zu feuchten Bedingungen, auf lehmigen und tonigen Böden haben Zinkenwerkzeuge die Tendenz, die seitlichen und unteren Kontaktflächen zu verschmieren. Dies gilt umso mehr, je größer die Kontaktfläche mit dem Boden ist (Gänsefußschare). Man muss bei Trockenheit oder bei leichtem Frost arbeiten.
 - zur Saatbettbereitung
- Bei Tonböden werden sie seltener eingesetzt als im Pflugsystem, denn man muss Feinerde schaffen. Die Probleme der Verstopfung mit Ernterückständen treten vor allem bei den Böden auf, wo die organische Substanz nur langsam abgebaut wird. Die Scheibenwerkzeuge und Gänsefußschare scheinen geeigneter zu sein.
- In leichteren und weniger strukturierten Böden können sie Feinerde schaffen, die beim ersten Regen eine Kruste auf der Oberfläche bildet, welche man mit einem zusätzlichen Arbeitsgang aufbrechen muss. Der unter feuchten Bedingungen geschaffene speckige Boden ist einem feinen Saatbett nicht zuträglich (dieselbe Feststellung gilt auch für die Spatenrollegge).

Die Scheibenwerkzeuge

- Auf nicht abgetrockneten Böden und bei einem ziemlich offenen Angriffswinkel, können die Scheibenwerkzeuge eine Sohle unter der bearbeiteten Zone schaffen. Dieselbe Feststellung gilt für Geräte mit horizontalem Rotor auf Lehmböden.
- Auf Tonböden gilt besonders, dass bei der Saatbettbereitung oder beim Säen mit Scheibensämaschinen die Scheiben schmieren können und keine Feinerde produzieren, wenn die Bodenbedingungen nicht optimal sind. Diese Phänomene treten hauptsächlich im Frühjahr auf. Die Arbeit bei abgetrockneten Bedingungen (auch nicht ganz trocken) lohnt sich unabhängig davon, welches Gerät benutzt wird. Bearbeitungsmaßnahmen im zeitigen Frühjahr sind riskant, es sei denn sie finden bei Frost auf abgetrocknetem Boden statt. Dies erklärt auch die Beibehaltung der Pflugbearbeitung durch die Landwirte, die Sommergerste oder Körnerleguminosen anbauen.

3.2.6.2 Pflugloser Anbau auf Teilen der Betriebsfläche und mögliche Hemmnisse

Zwölf Betriebe behalten die Pflugbearbeitung bei, darunter ein einziger mit ausschließlichem Marktfruchtanbau (35) und sieben, die Tierhaltung betreiben. Die wichtigsten angeführten Gründe für die teilweise Beibehaltung der Pflugbearbeitung, sind zweierlei Natur:

- Die Maiskultur bei 5 Betrieben (11, 28, 37, 25, 30). Es fehlt an geeigneter Ausstattung: Die Scheibensämaschinen und starren Klutenräumer genügen bei Mais in Monokultur nicht (11). Kein einziger dieser Betriebe ist mit rotierenden Klutenräumern an der Maissämaschine ausgestattet.
- Die Tonböden bei vier Landwirten, die in zwei Fällen Spezialgeräte besitzen, (4, 9, 16, 35) und bei denen der Mais in einer Fruchtfolge angebaut wird (außer 16). Zwei Landwirte pflügen auch zu Weizen (4, 9). Hierzu folgende Anmerkungen: Angeführt wird das Abtrocknen des Bodens im Frühjahr; die Pflugbearbeitung gestattet das Trocknen über die

gesamte Bearbeitungstiefe. Der pfluglose Anbau wurde bei diesen Böden nie ausprobiert (9, 16) oder zeigt unzulängliche Resultate, was die Umstellung der restlichen Flächen auf pfluglosen Anbau hemmt (4). Die Frostgare im Winter schafft eine gute Struktur im Frühjahr, was dazu führt, dass keine Risiken mit pfluglosem Anbau eingegangen werden (9, 35). Der vergangene Zeitraum seit der Umstellung erklärt die Beibehaltung der Pflugbearbeitung nicht, denn die Hälfte dieser Betriebe praktizieren sie seit mehr als zehn Jahren.

Schließlich haben zwei Landwirte Probleme mit der Einarbeitung von Mist, der spät auf die Parzellen ausgebracht wurde (25, 30). Das Programm MEKA verbietet das Ausbringen vor dem 1. März. Deshalb ist eine Zersetzung vor der Maissaat nicht möglich.

Die rotierenden Klutenräumer sind zu bevorzugen, vor allem bei Mais. Für Tonböden muss die Technik noch ausreifen oder erst gefunden werden.

3.2.6.3 Sind Mais-Monokultur und Beregnung Hemmnisse für den pfluglosen Anbau?

Siebzehn Landwirte mit ausschließlicher Mais-Monokultur praktizieren den pfluglosen Anbau auf einem Teil oder der Gesamtheit ihrer Flächen (von 15 bis 165 ha) und auf allen Bodentypen. Man findet dort zwei Betriebe der Gruppe 1, die nicht mit Spezialgeräten ausgestattet sind, aber auch große Betriebe mit oder ohne Spezialgeräten, jedoch mit Geräteanpassungen. Vier weitere Landwirte bleiben bei der systematischen oder teilweisen Pflugbearbeitung, aus den oben genannten Gründen (4, 9, 16, 37). Die hauptsächlich angetroffenen Schwierigkeiten betreffen den Umgang mit den Ernterückständen (die Fehlstellen oder einen ungleichmäßigen Feldaufgang verursachen), die Unkrautbekämpfung (Wurzelunkräuter wie Ackerwinde auf allen Bodentypen, besonders aber auf Tonböden) und die Durchwurzelung (unter dem Aspekt der Auswirkungen eines Bearbeitungsgangs auf die Bodenstruktur, in Abhängigkeit von der Jahreszeit und den Befahrungsbedingungen).

Die Beregnung betrifft acht Landwirte, von denen sieben die Maismonokultur in pfluglosem Anbau auf meist leichten Böden betreiben, aber auch in der flachgründigen roten Hardt und auf den Tonböden des Rieds (14) (der achte Landwirt praktiziert Fruchtfolge). **Die Bewässerung wird nie als ein Problem dargestellt** und kein Landwirt hat auf den beregneten Parzellen wegen pfluglosem Anbau eine Fruchtfolge eingeführt.

Der Übergang zu pfluglosem Anbau führt nicht zu einer Infragestellung des vorherrschenden und rentabelsten Systems, selbst wenn die Vorzüge der Fruchtfolge, insbesondere in Bezug auf die Unkrautbekämpfung, von diesen Landwirten anerkannt sind. Abgesehen von den kleinen befragten Betrieben, die für ihre Beibehaltung kämpfen, könnte die Maismonokultur infolge der neuen PAC, welche die anderen Kulturen im Verhältnis zum beregneten Mais nicht mehr benachteiligen würde, eingestellt werden.

3.2.6.4 Spezielle Kulturen und pflugloser Anbau

Aufgrund ihres hohen ökonomischen Wertes und ihrer besonderen Ansprüche sind die Sonderkulturen oft die letzten, bei denen ein Betrieb zum pfluglosen Anbau übergeht. Im Übrigen ist die Verwertung der Ernterückstände oft umständlicher (zusätzliche Stoppelbearbeitung, um die Erde und die Rückstände zu zerkleinern). Die Feststellung ist wie folgt:

- drei von vier Betrieben praktizieren pfluglosen Anbau bei Zuckerrüben (1, 10, 12, 13). Die Ergebnisse erscheinen ermutigend hinsichtlich geringer Zahlen von beinigen Rüben.
- vier von vier bauen Tabak pfluglos an (1, 6, 12, 22), drei davon in Monokultur; zwei von zwei Zwiebeln ohne größere Schwierigkeiten (12, 15).

- einer von zweien baut Kartoffeln, die hohe Ansprüche an die Bodenstruktur stellen, pfluglos an. Lockerung und tiefe Stoppelbearbeitung folgen aufeinander. Anzumerken ist, dass sieben Betriebe sich alle Sonderkulturen teilen und dass nur zwei von ihnen partiell Pflugbearbeitung betreiben (13, 15). **Der pfluglose Anbau von Spezialkulturen ist möglich.**

3.2.6.5 Der Zeitraum zwischen zwei Kulturen: Bodenbedeckung und Glyphosat

Hin zu bodenstrukturierend wirkenden Begrünungen

- Einundzwanzig Landwirte säen Begrünungen an. Der Senf bleibt die wichtigste Zwischenfrucht, da er billig ist und abfriert. Er wird oft zur Nitratbindung benutzt, besonders nach Ausbringung von Wirtschaftsdüngern zwischen Weizen und Mais. Einige Landwirte bevorzugen nicht abfrierende Gemenge, welche die Struktur in den empfindlichsten Böden stabilisieren sollen: Winterhafer, Ölrettich, Roggen, eventuell in Verbindung mit einer Leguminose zur Stickstofffixierung. Manche Landwirte messen den Bodendeckern einen besonderen Stellenwert bei und führen diese genauso aufmerksam wie eine Hauptfrucht. Auch zwischen zwei Maiskulturen werden Begrünungen angesät. Ihr Erfolg hängt von folgenden Faktoren ab:
 - die Aussaat zur rechten Zeit (Hinweise beim LWA), einerseits um negative Effekte durch eine zu üppige Entwicklung zu vermeiden und andererseits, um eine minimale Entwicklung zu garantieren, die es der Begrünung erlaubt, ihrer Rolle gerecht zu werden.
 - eine rechtzeitige Abtötung, um zu vermeiden, dass die Zwischenfrucht der nachfolgenden Kultur schadet (zwei Wochen vor der Aussaat scheinen ein guter Kompromiss zu sein). Ziel ist, die Wirkung des Glyphosat zu garantieren, damit das Licht den Boden wieder aufwärmen kann und vor allem, damit der aufgehende Mais Licht bekommt. Eine Ausnahme ist die Abtötung von Begrünungen, die den Boden austrocknen sollen, erst kurz vor der Saat (14).

Glyphosateinsatz, auch um das Unkraut zu kontrollieren

Der Einsatz von Glyphosat wird oft als unerlässlich für den pfluglosen Anbau dargestellt, obwohl weniger als die Hälfte der befragten Landwirte es verwenden. Die benutzten Mengen sind relativ gering: im Allgemeinen zwischen ein und zwei Liter (für Wurzelunkräuter sind 6,5 l/ha zugelassen). Siebzehn Landwirte benutzen praktisch ausschließlich Totalherbizide, allerdings aus verschiedenen Gründen:

- Sieben benutzen es in der Zeit zwischen zwei Kulturen gegen Ausfallgetreide und Unkraut, entweder im Herbst vor Weizen (16, 28, 30, 34, 37) oder im Frühjahr vor Mais (8, 29, 37). In den meisten Fällen führen diese Landwirte genauso viele Arbeitsgänge zur Stoppelbearbeitung und Saatbettbereitung durch wie die anderen. Das Ziel ist, in einen sauberen Boden zu säen.
- Zehn benutzen es, um eine Begrünung im Frühjahr zu vernichten (verbreitete Praxis): Winterhafer, Roggen, Phacelia, Senf. Die Maßnahme erfolgt so kurz vor der Aussaat wie noch möglich, um dem Glyphosat die Zeit zum Wirken zu lassen (im Allgemeinen zwei Wochen vor der Aussaat).

Die mechanische Alternative wird bevorzugt, wenn die Bodendecker gering entwickelt sind und bei manchen, leicht zu vernichtenden Arten: Senf, Ölrettich, Erbsen, Ackerbohnen. Sie ist schwieriger in der Handhabung (wird also oft vermieden), da nicht abfrierende Arten (Hafer, Roggen) durchwachsen können (2, 5). Die bevorzugten Geräte für die Unkrautbekämpfung sind

Stoppelbearbeitungsgeräte mit Gänsefußscharen (1, 14, 16), die Spatenrollegge (8, 16) und die Rotoregge (3, 6).

Der Einsatz von Zwischenfrüchten ist eine Schlüsselmaßnahme für das Gelingen des pfluglosen Anbaus, denn sie erlauben, die Parzelle vor der nächsten Kultur zu „reinigen“, je nach Bedarf auch mit Glyphosat. Die Einführung einer Begrünung ist eine zusätzliche Herausforderung, vor allem dann, wenn sie sich nur schwer unter Kontrolle halten lässt. Aber mit ihrer Hilfe lässt sich neben der Nitratbindung auch eine Stabilisierung der Bodenstruktur erreichen.

3.2.6.6 Hinweise zu technischen Lösungen

Die befragten Landwirte haben sehr unterschiedliche Betriebs- und Anbausysteme. Dies wirkt sich auch auf ihre Praxis des pfluglosen Anbaus aus, was in den erhobenen technischen Verfahren zum Ausdruck kommt (Anhang 6). Letztere decken sich mit den hauptsächlichen Herausforderungen, wie sie im ganzen Ablauf dieser Arbeit ersichtlich wurden: die erosionsgefährdeten Zonen, der Maisanbau, der pfluglose Anbau auf Tonböden. Jeder Ansatz ist wieder eingeordnet in Bezug auf die Funktionsweise des Betriebes und wird mit seinen Ergebnissen, seinen Problemen und den Modifikationen, die er ausgelöst hat, dargestellt. Er wird kommentiert bezüglich der technischen Schwierigkeiten bei der Umsetzung, seiner Ansprüche an Geräte und Mitarbeiter, als auch seiner Risiken für einen Neuling. Diese Kommentare werden von Beratern beigeleitet.

Insgesamt betrachtet, ermöglichen die daraus gezogenen Lehren die Erstellung von Empfehlungen für einen technisch gangbaren Weg des Anbaus (ITK) von Körnermais in Monokultur auf Lehmböden. Die reine Direktsaat über mehrere Jahre ist riskant und verursacht mittelfristig, unabhängig vom Bodentyp Probleme: Ertrag, Bodenverdichtungen, Behandlung der Ernterückstände, Verunkrautung, Schädlinge und Feldaufgang.

✧ Die Zerkleinerung: systematisch

Die Zerkleinerung wird von den meisten Landwirten durchgeführt, um die Verrottung der Ernterückstände zu begünstigen, den Maiszünsler und Krankheiten zu bekämpfen, sowie die Verstopfung von Werkzeugen bei den nachfolgenden Arbeitsgängen zu vermeiden. Sie beginnt meist bereits unter dem Schneidwerk, gefolgt von mindestens einem Arbeitsgang mit dem Mulchgerät. Eine gute Arbeitsqualität ist wichtig (vor allem auf Tonböden, wo die organische Substanz langsamer umgesetzt wird) und sie ersetzt manchmal eine Stoppelbearbeitung zu einem niedrigerem Preis.

✧ Die Stoppelbearbeitung: ein Plus für die Umsetzung der Ernterückstände

Sie wird nach der Ernte vorgenommen, vor allem, um Unkraut oder eine eventuelle Begrünung auflaufen zu lassen, wobei von der Restfeuchtigkeit profitiert wird, und später, um das Unkraut zu vernichten. In beiden Fällen geht es auch darum, die Ernterückstände zu bearbeiten, und dabei möglichst einen ebenen Boden beizubehalten oder indem quer zu den Fahrspuren gearbeitet wird, diese einzuebnen (umso mehr, wenn es möglich ist, den Mais im Frühjahr ohne Saatbettbearbeitung zu säen). Es handelt sich oft um den einzigen Arbeitsgang vor der Aussaat von Weizen nach Mais in Kombination (Sämaschine mit Scheiben oder mit Scharen) auf den Betrieben, die über keine Spezialsämaschine für Getreide verfügen.

✧ Die tiefgründige Bodenbearbeitung: je nach Strukturzustand und Bodentyp

Sie bewirkt mit bestimmten Geräten eine weniger intensive aber ausreichende Vermischung der Ernterückstände mit dem Boden. Sie ist auf diejenigen Böden zu beschränken, die sich nicht in einem von zwei oder drei Jahren durch die Witterung wieder strukturieren (Sand, sandiger Lehm, lehmiger Sand, Lehme), wenn die Erntebedingungen günstig sind und nur geringfügige Verdichtungen auftreten (bei Fruchtfolge mit Weizen oder einer strukturierenden Begrünung seltener).

Es handelt sich am Anfang um die Lockerung unterhalb der ehemaligen Pflugtiefe und anschließend um die Auflockerung in einer mittleren Arbeitstiefe (um die Einmischung der Ernterückstände zu intensivieren, kann hierfür der Grubber eingesetzt werden).

Drei Zeiträume erscheinen optimal für die Bearbeitung: der Herbst, wenn eine Begrünung folgt und auf Tonböden (über 20-25% Ton), am besten nach einem Regen, der das Profil befeuchtet und aufsprengt. Der Winter für tonige oder lehmige Böden, die leicht gefroren sind (Tragfähigkeit, Haftung). Sie erscheint als die am wenigsten riskante für die leichten Böden, auf denen die reduzierte Geschwindigkeit dafür sorgen muss, die Erzeugung von später zusammenbackender Feinerde zu vermeiden. Das Risiko ist das Zusammenbacken im Frühjahr, was den angestrebten Erfolg zunichte machen kann. Zwischenfrüchte mit einem intensiven Wurzelwerk können die von den die Bodenschichtung nicht zerstörenden Lockerungsgeräten erzeugte Struktur stabilisieren. Im Frühjahr kann auf leichten Böden eine Lockerung kurz vor der Aussaat die Verwurzelung begünstigen. Gut abgetrocknete Böden sind absolute Voraussetzung, um ein Verschmieren zu vermeiden (auch Zwillingsbereifung gegen Verdichtungen). Die zusätzlichen Risiken sind relativ hoch (das bezeugen die bei den Befragungen erhobenen Misserfolge von Frühjahrsbearbeitungen): Austrocknen des Profils in einem trockenen Jahr, Unterbrechung der Kapillaren, Anzahl der zur Verfügung stehenden Arbeitstage unter Berücksichtigung anderer Aufgaben.

✧ Die Begrünung: für den Erhalt der Strukturstabilität

Die Bedeckung des Bodens begünstigt die biologische Aktivität, den Bodenschutz und den strukturellen Zustand bei bestimmten Zwischenfrüchten mit starker Wurzelbildung (Winterhafer, Ölrettich, Winterroggen). Die starke vegetative Entwicklung von manchen Arten kann die anschließende Bodenbearbeitung behindern, besonders dann, wenn sie nicht abfrieren. Die gewählten Arten müssen sich schnell entwickeln, denn die Aussaat des Bodendeckers geschieht nach der Ernte, und außerdem dem Frost widerstehen, wenn eine strukturierende Wirkung erwünscht ist (daher die Wahl von eher winterfesten Arten).

✧ Die Saatbettbearbeitung: Darauf achten, dass der Boden abgetrocknet ist!

Das Ziel besteht darin, das Saatbett aufzuwärmen und manchmal noch einmal Ernterückstände einzumischen, kleine Unkräuter zu vernichten und einzuebnen. Der Gebrauch der Rotoregge ist daher trotz des Risikos der Schaffung von Feinerde auf Lehmboden verbreitet. Die Federzinkenegge ist jedoch vorzuziehen. Auch hier ist wichtig, dass die Böden abgetrocknet sind (Verdichtungen, Verschmieren). Die Bearbeitung unter der zukünftigen Saattiefe erscheint riskant, denn die Saat läuft Gefahr, in einer trockenen Umgebung zu liegen und eine leichte Verschmierung kann beim Säen nicht wieder behoben werden. Im Fall günstigen Witterung im März kann die Saatbettvorbereitung erfolgen. Eine zweiter Arbeitsgang folgt in der Regel zwei Wochen später. In den meisten Fällen (vor allem auf leichten Böden) genügt ein einziger Arbeitsgang zwei Wochen vor der Aussaat oder manchmal mit der Aussaat. Bei Verfügbarkeit von Spezialsämaschinen (erhöhter Druck auf jedem Säorgan, vor allem in Tonböden, aber auch in Lehmböden) wird von der Officialberatung keine vorherige Saatbettbearbeitung empfohlen.

Die Bodenstruktur wird dabei am besten geschützt. Es besteht jedoch die Gefahr eines reduzierten und zeitlich gestaffelten Feldaufgangs. Die Maßnahmen sind je nach Jahr anzupassen.

✧ Einsatz von Glyphosat: Je nach dem Aufwuchs einer Parzelle

Der Einsatz erfolgt spätestens zwei Wochen vor der Aussaat (Einwirkzeit des Produktes), um eine Begrünung zu zerstören oder eine Parzelle zu „reinigen“ (je nach Jahr, im letzten Fall).

✧ Die Saat: Scheibensäscharre und Strohräumer

Diese beiden Säorgane sind die unentbehrliche Ausstattung, um die Qualität der Saat zu gewährleisten. Rotierende Strohräumer sind besonders wichtig für Mais nach Mais. Die Anpassung konventioneller Sämaschinen ist möglich. Abgetrocknete Bodenverhältnisse sind unerlässlich: Gefahr des Verschmierens und dass keine Feinerde geschaffen wird besonders auf Tonböden. Die Saatstärke muss nicht unbedingt erhöht werden.

✧ Düngung und Pflanzenschutzmaßnahmen: wenig Unterschiede zur Pflugbearbeitung

Die technischen Programme sind wie beim Pflügen: keine Schneckenbekämpfungsmittel, auch nicht bei Begrünung (Erde wieder andrücken, dichtere Böden, keine Direktsaat). Eine Bearbeitung des Bodens, jedes Jahr in unterschiedlicher Tiefe stört die Schädlinge.

Die Gesamtmenge an Stickstoffdüngung bleibt gleich. Einige erhöhen die erste Gabe auf kalten Böden oder ziehen Kalkammonsalpeter vor, der für die Kultur schneller verfügbar ist.

Die Vorschriften zum **Mykotoxingehalt**, die 2005 in Kraft treten, veranlassen die Getreideerfasser der Region, Druck auf die Landwirte auszuüben, welche den pfluglosen Anbau praktizieren, aber es gibt nur wenige örtliche Ergebnisse, so dass noch keine Änderungen der Praktiken der Landwirte mit pfluglosem Anbau verlangt werden (bis auf die Zerkleinerung und ein Minimum an Bodenbearbeitung).

Der heikelste Punkt betrifft die **Unkrautregulierung**, die „vor allem ein Problem der Monokultur ist, und nicht des pfluglosen Anbau“, sowie von bestimmten Bodenarten (Tonböden), die weniger gut „damit zurecht kommen“. Die zum Teil noch pflügenden Landwirte sagen allerdings, dass der Jahreseffekt stärker ist als der Effekt der Bodenbearbeitung (13). Der Wegfall des Atrazins in Frankreich bringt auch eine Entwicklung der Unkrautflora mit sich, die überall im Elsass sichtbar ist. Zahlreiche Programme zur Unkrautbekämpfung werden geprüft (chemische und mechanische). In allen Fällen ist die Unkrautbekämpfung ein wesentlicher Aspekt, wo es auf das Können des Landwirts ankommt. Eine gut platzierte Unkrautbekämpfungsmaßnahme in einem sensiblen Stadium erfordert keine Erhöhung der Dosis, auch wenn mehr Unkraut vorhanden sein sollte (Konzentration der Unkrautsamen auf eine geringere Tiefe als bei Pflugbearbeitung). Eine Zunahme der Wurzelunkräuter (z.B. Winde) ist allgemein feststellbar. Die ganzflächige Behandlung von Befallsnestern in den Beständen und nach der Ernte erlauben eine wirksame Kontrolle dieser von der Maismonokultur geförderten Unkräuter.

3.2.7 Bilanz der Studie

3.2.7.1 Gewonnene Erkenntnisse

Überprüfung der Hypothesen

Der pfluglose Anbau wird aus Gründen eingeführt, die sich je nach Landwirt, der Art des Betriebes und der geographischen Lage unterscheiden. Die auslösenden Faktoren sind vielfältig: Erosion bis hin zu Schlammlawinen, die schnelles Handeln erfordern, die Gelegenheit, ein Gerät für den pfluglosen Anbau zu erproben, wenn schon zuvor Überlegungen in Richtung pflugloser Bodenbearbeitung angestellt wurden, Veränderungen beim Arbeitskräftebesatz (Einstieg des Hofnachfolgers oder Wegfall von Arbeitskräften), oder wenn der Arbeitszeitbedarf zunimmt durch Flächenaufstockung oder Ausdehnung anderer Betriebszweige. Entsprechend seinen Zielen, seinen finanziellen Möglichkeiten und seinen agronomischen Vorstellungen wird der Landwirt technische Lösungswege beschreiten, bis er nach einigen Jahren Praxis und Anpassung einen oder mehrere Lösungen findet, die ihn zufrieden stellen. Er entwickelt seinen eigenen Erfahrungsschatz bezüglich möglicher Einsatzbedingungen bzw. risikobehafteten Verfahren.

In allen Fällen vermindert der pfluglose Anbau die Erosion. Darüber hinaus gibt es verschiedene positive Aspekte: der Zeitgewinn ist proportional zur Größe der Strukturen und zur Spezialisierung des Geräts. Die mit den Investitionen in Spezialgeräte verbundenen Belastungen sind hoch und beeinträchtigen das wirtschaftliche Ergebnis der Betriebe in den ersten Jahren. Deshalb kommt es auf die Optimierung der Einsatzfläche an. Die variablen Kosten sind umso geringer, je leichter der Boden ist (Verbrauch), je weniger Materialverschleiß er verursacht und je flacher die Bearbeitung (bei gegebener Arbeitsbreite) erfolgt (Verbrauch und Leistungsbedarf). Die Erträge sind in den ersten Jahren etwas geringer, steigen dann aber wieder auf ihr ursprüngliches Niveau an, sofern die Bodenstruktur nicht kaputt gemacht wird.

Möglichkeiten des pfluglosen Anbaus am Oberrhein

Die Empfehlungen der nationalen technischen Institute sind zurückhaltend, was den pfluglosen Anbau von Mais auf verschlammungsanfälligen Lehm- und schweren Tonböden angeht. Die Erfahrungen der Landwirte zeigen, dass pflugloser Anbau trotz der erwähnten Schwierigkeiten auch unter diesen Bedingungen Erfolg haben kann. Obwohl der Vergleich mit der elsässischen Typologie zeigt, dass die befragten pfluglos wirtschaftenden Betriebe im Allgemeinen größer sind, praktizieren auch kleinere Betriebe mit Erfolg pfluglosen Anbau. Sie verwenden eher adaptiertes traditionelles Material oder nehmen die Dienste von Lohnunternehmen in Anspruch (außerdem suchen Landwirte, die in Spezialgeräte investiert haben, zusätzliche Flächen zum Bearbeiten). Dies gilt auch für die Großbetriebe, die nicht immer die Mittel oder den Willen haben, einen vollständigen Gerätepark anzuschaffen. Nachdem es viele funktionierende technische Lösungen gibt, hat der Landwirt eine breite Palette von Möglichkeiten (jeder Betrieb hat seinen Weg!). Dies gilt umso mehr, als die Landwirte den pfluglosen Anbau ohne technische Unterstützung entwickelt haben.

Die Erfolgsbedingungen gelten für jede Art von Betrieb. Ob der pfluglose Anbau dauerhaft eingeführt wird, hängt von der Übergangsphase ab. In dieser Phase sammelt der Landwirt wichtige Erfahrungen und meist treten auch Schwierigkeiten und Ertragseinbußen auf. Die Betreuung durch einen Berater wäre hilfreich, fehlt aber oft. Der Landwirt muss über ein gutes

Verständnis der Funktionsprinzipien seines Bodens verfügen, denn das eingegangene Risiko ist größer: Die Verfahren sind anspruchsvoller im Sinne der Arbeitsbedingungen, der Technik und der Beobachtungszeit. Das Funktionieren des Bodens unterscheidet sich von einem Pflugbearbeitungssystem (Erwärmung, Abtrocknung, Verdichtung).

3.2.7.2 Offene Fragen und Vorschläge

Die befragten Landwirte haben Erwartungen, was den pfluglosen Anbau betrifft, selbst wenn sie behaupten, mit ihrer Praxis zufrieden zu sein. Wenn einmal ein Fuß in den pfluglosen Anbau gesetzt ist, sind die Anpassungsmöglichkeiten sehr groß. Viele zeigen Interesse an den Ergebnissen der Direktsaat, da sie mehrere gemeinsame Ziele der Landwirte aufgreift: Kampf gegen Erosion und Zeitgewinn (die Resultate aus den Versuchen der Landwirtschaftskammer des Unterelsass sollten bald vorliegen, das IFUL hat bereits Ergebnisse seiner Direktsaatversuche vorgestellt). Diese Ergebnisse werden jedoch auch mit einer gehörigen Portion Skepsis betrachtet: Maschinenkosten, Qualität der Saat, insbesondere auf tonigen Böden, Entwicklung des Mais ohne tiefe Bodenlockerung, Erträge in feuchten Jahren, Entwicklung von Unkraut und Schädlingen.

Die Landwirte beklagen auch das Fehlen von technischen Empfehlungen in Bezug auf mehrere wichtige Punkte: Termine verschiedener Maßnahmen (Begrünung und alle Bodenbearbeitungsmaßnahmen, vor allem die heikleren, wie die Tiefenlockerung und die Saatbettbearbeitung), die Notwendigkeit der Tiefenlockerung, die Art der am besten geeigneten Begrünung, wobei die Nitratbindung bei pfluglosem Anbau eher in den Hintergrund tritt.

Andere Erwartungen sind spezieller: Resultate des pfluglosen Anbaus auf staunassen Tonböden, Ergebnisse des pfluglosen Anbaus ohne Saatbettbereitung im Frühjahr bei Mais, Erhöhung der Kalkdüngung, vor allem in sauren Böden, stärkere Betonung der ersten Stickstoffgabe, Fusariumanfälligkeit der Systeme im pfluglosen Anbau, Suche nach für den pfluglosen Anbau geeigneten Sorten (mit Kompensationsfähigkeit bei lückigem Aufgang, besserer Triebkraft und geringeren Ansprüchen an die Bodenstruktur), Eigenschaften bestimmter Geräte, Vernetzung der Landwirte mit pfluglosem Anbau.

Die **Sammlung von Informationen**, muss am Oberrhein fortgeführt werden, namentlich durch Versuche der berufsständischen Organisationen, denn sie bringt vergleichende Ergebnisse der Bodenbearbeitungstechniken (unter ansonsten gleichen Bedingungen) und auf den Betrieben nicht erhältliche Antworten zu: Praktiken, die Mykotoxine begünstigen, geeignetste Varianten etc.. Die Untersuchungen haben gezeigt, dass jeder Landwirt über zahlreiche technische, an seinen besonderen Kontext angepasste Lösungen verfügt. Sie können nicht nur eine Basis zur Entscheidungshilfe für „Einsteiger“ bilden, sondern auch für Landwirte, die schon pfluglos anbauen und nach Verbesserungen und Anpassungen suchen. Der Kontaktmangel zwischen Deutschen und Franzosen einerseits und zwischen Ober- und Unterelsässern andererseits hemmt den Austausch zwischen den Landwirten. Die Idee eines Netzes von landwirtschaftlichen Beispielsbetrieben mit pfluglosem Anbau sollte vertieft werden, denn es fehlen insbesondere die ökonomischen Informationen.

Ein **Einführungsprogramm** für **umstellungsinteressierte** Landwirte in pflugloser Bodenbearbeitung könnte aufgestellt werden, um Versuche der Praktiker über ein oder zwei Jahre zu erleichtern. Dabei könnten an den Versuchen interessierte Landwirte und Landwirte im pfluglosen Anbau, die ihre Geräte oder ihre praktische Erfahrung zur Verfügung stellen möchten durch die Vermittlung einer Datenbank, in der die daran interessierten Landwirte verzeichnet sind, in Kontakt kommen.

- Ein Informationsblatt und eine Einführungsveranstaltung für die Kandidaten des pfluglosen Anbaus könnte die folgenden Themen ansprechen: Funktionsprinzipien der Böden, das Bodenprofil als Diagnoseinstrument, Maschineneinsatz, die Erfahrungen mit pfluglosem Anbau am Oberrhein.

- Eine individuelle Diagnose über den Zustand der Böden eines Betriebes vor der Umstellung auf pfluglosen Anbau, der auf dem Betrieb verfügbaren Geräte und der finanziellen Mittel, die der Landwirt investieren will, könnte angeboten werden, um den Betriebsleiter bei seinen Entscheidungen zu begleiten: Hinweise und Ratschläge für die möglichen Anpassungen.

3.2.8 Schlussfolgerung und Perspektiven

Das **methodische Interesse** des Ansatzes beruht auf der Weitergabe der Erfahrungen der Pioniere des pfluglosen Anbaus. Dies erlaubt die Abdeckung eines breiten Spektrums von Situationen (Produktionssysteme, Standortbedingungen, Kulturen) und die Erkennung der von den Anfängern zu überwindenden Schwierigkeiten sowie Ermittlung der auch für die erfahrenen Landwirte noch ungeklärten Fragen. Diese Arbeit bildet eine Hilfestellung für die landwirtschaftliche Beratung, die oft Stellung nehmen muss zu den Erwartungen der Landwirte (besonders im Rahmen von Einzelberatungen) und der öffentlichen Hand, die ihre Aktivitäten aufeinander abstimmen müssen. Die bei den Landwirten gesammelten Informationen und die daraus abgeleiteten Empfehlungen sollen das zukünftige regionale Datenmaterial vervollständigen.

Es gibt Erfolgsperspektiven für den pfluglosen Anbau in den traditionellen Anbausystemen am Oberrhein. Obwohl schwieriger, ist der Maisanbau und hier sogar die Monokultur mit oder ohne Beregnung kompatibel mit dem pfluglosen Anbau auf verschiedenen Bodentypen und mit verschiedenen Geräten. Der pfluglose Anbau erfordert dennoch Anpassungen von Geräten und einen besonderen technischen Ansatz. So erscheint das Bodenprofil als ein diagnostisches Werkzeug für den Zustands des Bodens, das sich die Landwirte aneignen müssen, um über den Nutzen einer Bearbeitungsmaßnahme entscheiden können. Immer wieder kommen folgende Argumente für die Begründung des Erfolgs von pflugloser Bodenbearbeitung: Bearbeitung bei optimalen Bodenbedingungen sowie Maßnahmen, um die Bodenstruktur zu erhalten: mindestens einige Spezialgeräte sowie ein spezielles Zwischenfruchtmanagement.

Außer Antworten auf die im vorhergehenden Kapitel gestellten Fragen zu geben erscheint es notwendig, zusätzliche Informationen bereitzustellen, um den Landwirt bei den zukünftigen Entwicklungen zu begleiten. Sie würden die ökonomischen und ökologischen Effekte des pfluglosen Anbaus (Einkommen des Landwirts, Bodennitratgehalte, Pflanzenschutzmittelrückstände), die Bewertung der Anfälligkeit der Kultursysteme in pfluglosem Anbau für Mykotoxine in Anbetracht der neuen Vorschriften sowie die Suche nach Alternativen zum Glyphosateinsatz betreffen.

N°	LF	Mais- fläche	Dauer- grünland	Mono Mais	ha	ohne Pflug	Begrü- ng.	CTE od. MEKA	Spezial- geräte	pfluglos höhere Kosten	Cl élevée	pfluglos total	Haupt-Motivation f. pfluglos				1. Versuche Teilfl.	Jahre zurück	Glypho- einsatz
													Erosion	Ökonom.	Zeit	landbau			
1	180	120	3	4 von 5	160	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	9	0
2	102	69	1	1	45	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	5	1
3	56	50	1	1	50	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	12	0
4	113	63	2	3 von 4	16	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	6	0
5	166	112	1	1	68	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	4	1
6	90	40	3	0			1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	4	0
7	105	0	3,3	0			1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	4	0
8	86	29	1	0			0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	12	1
9	110	84	2,5	1	70	0,5	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	8	0
10	200	90	4	1	25	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	7	0
11	148	59	2	0			1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	8	1
12	120	85	2	1	25	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	12	0
13	140	55	2,5	0			1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	8	0
14	40	38	1	1	38	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	5	1
15	135	110	1	1	55	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	11	0
16	160	103	1	1	70	0,5	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	10	1
17	30	21	1	1	15	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	6	1
18	130	50	1,5	0			1	1	1	1	0,5	1	0	0	1	0	1	10	1
19	65	50	1,1	1	38	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	/	1
20	100	33	0,5	0			1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	7	0
21	85	80	1	1	80	1	0	1	1	1	0,5	1	1	0	0	1	1	8	0
22	120	70	2,5	1	60	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1		9	1
23	34	30	2,2	1	30	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0		25	0
24	84	48	1,9	1	16	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0		11	0
25	110	40	2	0			1	1	0	1	1	0	0	0	0	1		30	0
26	78	70	1	1	70	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0		13	1
27	190	165	2	1	165	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0		11	0
28	120	4	2,1	0			1	1	0	0	0	0	0	0	1	0		10	1
29	180	87	2	0			1	1	1	1	1	1	0	0	0	0		12	1
30	90	10	2,4	0			0	1	1	1	0	0	0	0	1	0		6	1
31	60	0	1	0			1	1	1	0	0	1	0	1	0	0		3	0
32	60	0	3	0			1	1	1	0	0,5	0	0	0	1	0		5	0
33	110	0	0,5	0			1	1	0	0	1	1	1	0	0	0		28	0
34	103	60	2,5	1	20	1	1	0	1	0	0,5	1	0	0	1	0		4	1
35	307	40	1	0			0	1	1	0	1	0	1	0	0	0		20	0
36	90	65	1	1	65	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1		11	1
37	137	74	2,7	1	61	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0		11	1
TOT				20+2		18	21	21	25	12	19	25	12	2	12	11	16	10,1	17

Tab. 16: Die wichtigsten Erhebungsdaten auf den befragten Betrieben

3.3 Analyse der Praxis über die Anbauverfahren

3.3.1 Warum sollte man sich für die Praxis interessieren?

Die Anbauverfahren enthüllen die die Hierarchie der Anbauziele des Landwirts, die Stärken und Schwächen, die er wahrnimmt, seine Fähigkeiten und seine Entscheidungsgrundlagen. Sie spiegeln die Vielfalt der Situationen und der Ziele der Landwirte wider (Bonneviale et al., 1989). Ihre Umsetzung wird vom Projekt des Landwirts bestimmt, der über die dem Ziel angemessene, zufriedenstellende Entscheidung befindet (Landais u. Deffontaines, 1988). Die Kenntnis der Produktionszweige ernährt den Globalen Ansatz für die Landwirtschaftsberatung (AGEA).

Die Praktiken des Landwirts werden in Form von Anbauverfahren beschrieben, mit dem Ziel, eine Sammlung von Verfahren zu erstellen, die mit einer Kultur in einem bestimmten System funktionieren (oder nicht).

3.3.2 Methoden

- Die Art der erhobenen Informationen

Der Gesprächsleitfaden zur Praxis pflugloser Bodenbearbeitung wurde im Rahmen des Globalen Ansatzes für die Landwirtschaftsberatung (AGEA) eingesetzt. Er spricht verschiedene Aspekte an:

- die pfluglosen Verfahren im Rahmen des Anbauverfahrens
- die Rahmenbedingungen unter denen sie durchgeführt werden und gelingen
- die erforderlichen Anpassungen für die Umstellung auf bzw. die Beibehaltung von pfluglosen Anbauverfahren (auch außerhalb der Bodenbearbeitung)
- die Arten von Problemen und angewandten Lösungsansätzen
- eventuelle Nachbesserungsmöglichkeiten
- die beim Betriebssystem vorgenommenen Veränderungen
- die Übereinstimmung der Ergebnisse mit den ursprünglichen Zielen.

3.3.3 Ergebnisse

Die erhobenen Anbauverfahren werden in Form von Übersichtsblättern vorgestellt, deren Aufbau nachstehend dargestellt ist.

Tab. 17: Anbauverfahren nach Vorfrucht und Bodentyp

Kulturen und Bodentypen nach der <i>Typologie der Böden der elsässischen Rheinebene</i> (s. Guide des Sols) Nummern der Betriebe*	Monomais	Mais nach Mais	Mais nach Weizen oder Raps	Weizen (oder Wintergerste oder Erbsen) nach Mais	Weizen nach Weizen (oder nach Wintergerste, Erbsen, Raps)	Zuckerrüben nach Mais
Lehm 22	2a;10		29;34	2b;25;29;34		
Loess 21	10	8	18;29	8;29		
Toniger Lehm 13&15	9;17	15	20	11	33	
Lehmiger Ton 15	9;17;15			11		
Sandiger oder sandig-toniger Lehm 15&17	9;16a;22;26		20	17;20; 29	16b	
Humose Tonböden 16	3;15					
Schwere Tonböden 11, 13, 16	2;14					
Lehmiger Sand 12&22	6;22;23;24;27;36	12		6;37		12
Sandiger Ton 11&16	1;12;16;26	15		24		1

*Deutschsprachig ab Betrieb EA 22

(Die angegebenen Zahlen verweisen auf die Betriebsnummern, auf welche bei der Beschreibung des Anbauverfahrens auf den nachfolgenden Seiten Bezug genommen wird.)

SCHEMA DER PRÄSENTATION DER ANBAUVERFAHREN

- Funktionselemente/Gründe des landwirtschaftlichen Betriebs, pfluglose Verfahren im Betrieb zu etablieren: Dauer, Motivation zum Pflugverzicht, allgemeine Elemente der Kulturführung.
- Allgemeine Zielsetzung des Anbauverfahrens

Arbeitskalender mit den Zielen und Entscheidungsregeln für jede Maßnahme mit Bemerkungen des Landwirts	Ergebnis des Anbauverfahrens und des pfluglosen Verfahrens im Allgemeinen aus Sicht des Landwirts Aufgetretene Probleme und angewandte Lösungen
Ergänzende Kommentare und Stellungnahme der Beratung zu den technischen Problemen der Anwendung des vorgestellten Verfahrens, Anforderungen an Material und Erfahrungen mit pflugloser Bearbeitung; Verbesserungsmöglichkeiten	

2 a MAIS-MONOKULTUR im erosionsgefährdeten LÖSSHÜGELLAND und im RIED

Die Schlammlawinen in Nachbardörfern haben den Landwirt veranlasst, nach Möglichkeiten zur wirksamen Erosionsbekämpfung zu suchen. Direktsaat mit Zwischenfrucht ist sicher die beste Methode, verlangt jedoch Spezialmaschinen. Die damit innerhalb von zwei Jahren verbundenen Investitionen bringen einen Betrieb zweifellos kurzfristig finanziell in Bedrängnis. Die bereits festgestellten und bis zum Ende der Umstellungsphase noch erwarteten agronomischen und ökonomischen Ergebnisse scheinen jedoch mehr als zufriedenstellend zu sein. Ziel des Anbauverfahrens ist die Minimierung der Bewirtschaftungskosten und eine möglichst geringe Störung der Bodenschichtung mit Belassung der Ernterückstände an der Bodenoberfläche.

Fruchtfolge	Mais-Monokultur mit Zwischenfrucht					Beregnung: Nein	Zwischenfrucht: Ja
Bodentyp	verschlammender weißer Lehm - Hügelandschaft des Nord-Elsass / tonige Lehme der Vogesen-Vorbergzone / schwere Tonböden des blonden oder braunen Rheinrieds - Ried Nord						
Kalender	Nov.	D	F	M	April		Mai
Maßnahme	breitwürfige Saat d. Zwi.fr.	mulchen			Abtötung der Zwischenfrucht	Maisaussaat	NA-Herbizid; Düngung immer nach der Saat, um zwischen den Reihen zu fahren
Geräte	90 PS + Schleuderstreuer	140 PS + Mulcher			90 PS + Spritze	90 PS + Spezialsämaschine mit gewellten Scheiben + rotierenden Klutenräumern+ Andruckwalze	
Einstellungen	120 kg/ha Winterhafer				1,5 l/ha Glyphosat	12 km/h; 5 cm tief	
Entscheidungsregeln für die Maßnahme	so bald wie mögl. nach d. Ernte (Feuchte)	direkt nach der Saat der Zwischenfrucht			15 Tage vor der Saat, damit Licht auf den Boden kommt	noch feuchter Boden; optimaler Sätermin	
Ziele	nicht abfrierende Zwischenfrucht die strukturiert, ohne negative Effekte	Zerkleinerung der Ernterückstände			Schlag muss bei der Saat sauber sein (Zwi.fr. + Unkräuter zerstört)	Guter Start des Mais und gute Verwurzelung	
Maßnahme erfolgreich: Warum?	Saat der Zwischenfrucht vor 22.11.				Einwirkzeit von Glyphosat eingehalten	Feldaufgang (72.000 Pfl./ha)	
Bemerkungen	Ist die Vorfrucht unter feuchten Bedingungen geerntet worden, kann im Herbst 35 cm tief gelockert werden. (Ein Bodenprofil gibt Aufschluss, ob es die Bodenverhältnisse erlauben).						
Stellungnahme des Beraters:	<p>Eine Zwischenfruchtaussaat mit dem Schleuderstreuer bringt gute Ergebnisse und ist deutlich billiger als eine Aussaat mit der Sämaschine. Die Abtötung der Zwischenfrucht ist relativ spät: Zur Vermeidung von allelopathischen Wirkungen auf den Mais werden 30-45 Tage empfohlen.</p> <p>Tiefer Bodenbearbeitung nicht systematisch sondern nur bei Bedarf. Beobachtung bleibt das beste Mittel zur Beurteilung der Notwendigkeit von Maßnahmen.</p> <p>Die Ansaat einer Zwischenfrucht erlaubt die Erhaltung der von der Vorfrucht oder einer mechanischen Lockerung hinterlassenen Bodenstruktur und vermeidet damit die Verfestigung von Lehmböden.</p> <p>Damit die Scheiben der Sämaschine in den Boden eindringen muss diese angepasst und gut eingestellt sein. Die Unkrautregulierung ist ohne eine Stoppelbearbeitung schwieriger. Die Unkrautbekämpfung bei Haupt- und Zwischenfrucht muss dann tadellos funktionieren. Fruchtfolge bleibt die beste Lösung. Ohne Saatbettbearbeitung im Frühjahr trocknet das zukünftige Saatbett schlechter ab. Deshalb ist im Frühjahr geduldiges Abwarten guter Saatbedingungen zwingend erforderlich.</p>						

Ergebnisse:	positiv	negativ
Ertrag	gleichwertig	
Kosten	Diesel, Unterhalt, Arbeitsstunden; Grund- und Stickstoffdüngung	mit den Investitionen verbundene Abschreibungen
Agronomisch	Durchwurzelung; mürber Boden, lässt sich leichter bearbeiten	
Arbeit	Arbeitszeit, Anzahl und Tempo der Bearbeitungsmaßnahmen	
<u>Aufgetretene Probleme:</u>		<u>Lösungen:</u>
psycholog. im 1. Jahr: chaotischer Zustand der Schläge, schlechter Start des Mais, Einstellungsprobleme bei der Sämaschine		Unterstützung durch Beratung, Arbeit an sich selbst.
10% Minderertrag		Übergangsphase bis neues Gleichgewicht erreicht ist: 3 Jahre mit Ertragsminderungen einplanen
<u>Sonstige Veränderungen:</u>		
agronomische Betrachtungsweise über pfluglose Bearbeitung vermittelt; Einbau von Zwischenfrüchten und Fruchtfolge; Bodenprofile ansehen; reduzierte Stickstoff- und Grunddüngung		

In diesem Betrieb wird seit 8 Jahren pfluglos gearbeitet. Nach Ansicht des Landwirts, lassen sich die Erosionsprobleme nur mit pfluglosen Anbauverfahren lösen. Dafür braucht man jedoch eine Spezialausrüstung: Doppelbereifung (Traktoren, Kipper, Güllewagen, Miststreuer), rotierende Klutenräumer und den Perrein-Pflug.

Davon abgesehen erfordert die pfluglose Bearbeitung keine Veränderungen, abgesehen davon, dass die Anforderungen an den Zustand des Bodens höher sind, was die Zeitfenster für die Bearbeitung reduziert.

Fruchtfolge	Mais-Monokultur					Beregnung: nein	Begrünung: nein
Bodentyp	Lösslehme und Lehme des Hügellands des unteren Sundgaus						
Kalender	Dez.	D	F	März	April	Mai	
Maßnahme	Pseudo-Pflug			Saatbettbereitung – 2 Arbeitsgänge	Saat		
Geräte	170 PS mit Zwillingsreifen - 2,7 m Perrein-Pflug			140 PS mit Zwillingsreifen, Schweregge + Federzahnegge mit senkrechten Zinken (6m)	140 PS mit Zwillingsbereifung + klassischer Scheibensämaschine mit rotierenden Klutenräumern (6-reihig)		
Einstellungen	18 – 20 cm tief – 8-9 km/h			4 – 5 cm; 7 – 10 km/h	5 – 6 km/h; 3 – 4 cm tief Boden abgetrocknet		
Entscheidungsregeln für die Maßnahme	Boden gefroren (Nachtarbeit); sobald wie möglich			Boden absolut abgetrocknet	Gut säen		
Ziele	weiterhin tief bearbeiten und die Ernterückstände einarbeiten			Einebnen und Unkraut bekämpfen	Aussaat um den 15. April		
Maßnahme erfolgreich: Warum?	Bodenoberfläche bewegt sich nicht			Boden für die Aussaat einebnen	Maisstroh vor der Saat zerbrösel; keine Verstopfung		
	Schlechte Ergebnisse bei Bearbeitung im Frühjahr oder bei fehlender Saatbettbereitung						
Bemerkungen							
Stellungnahme des Beraters:	Um mehr Ernterückstände an der Bodenoberfläche zu belassen und dadurch die Erosion und den Oberflächenabfluss besser zu bekämpfen ist eine flache Stoppelbearbeitung, gefolgt von einer Lockerung besser geeignet als die Bearbeitung mit dem Perrein-Pflug, der außerdem mehr Kraft erfordert. Zur Saatbettbereitung genügt ein Arbeitsgang, damit die Bodenoberfläche nicht zu fein wird. Ansonsten bringt dieses seit 8 Jahren praktizierte Verfahren zufriedenstellende Ergebnisse, sofern der Boden gut abtrocknet. Bei Versuchen der Landwirtschaftskammer des Oberrheins schneidet dieses Verfahren sogar besser ab als der Pflug.						

Ergebnisse:	positiv	negativ
Ertrag	gleich	
Kosten	CTE (MEKA)	Investitionsbedarf; insgesamt keine großen Unterschiede
Agronomisch	Erosion;	
Arbeit		Zeitspannen mit hoher Arbeitsbelastung
<u>Aufgetretene Probleme:</u>		<u>Lösung:</u>
Perrein-Pflug bei aufgetautem Boden → 20 dt/ha Minderertrag		Perrein-Pflug muss auf gefrorenem Boden eingesetzt werden
<u>Andere Veränderungen:</u>		
Nachtarbeit → fördert nicht das Familienleben		

6

MAIS-MONOKULTUR IM HÜGELLAND VON BRUMATH

Auf diesen sandigen und zur Austrocknung neigenden Böden, wo das Ertragspotential von Mais begrenzt ist, strebt der Landwirt Kostensenkungen an, sowohl bei den Investitionen als auch bei den Betriebsmitteln: Verwendung herkömmlicher Geräte, Anpassung der Aufwandmengen an das Ertragspotential des Schlags (Saatstärke von Mais kann bis auf 50.000 K/ha abgesenkt werden), Leguminosenanbau zur Stickstoffbindung. Die pfluglose Bearbeitung wurde 2001 eingeführt, nachdem Verschlammungsprobleme 1999 zu starken Ertragseinbußen geführt hatten. Mit pflugloser Bearbeitung konnte dieses Problem gelöst werden. Das Anbauverfahren muss auch mit den auf dem Betrieb vorhandene Geräten funktionieren.

Fruchtfolge	Mais-Monokultur				Beregnung: nein	Zwischenfrucht: Nein (nur nach Weizen)
Bodentyp	sandige und saure Böden des Hügellands von Brumath					
Kalender	Nov.	D	Feb	M	April	Apr/Mai
Maßnahme	Ernte	Schlegeln	Grubbern	flache Saatbetbearbeitung	Saat	Unkrautbekämpfung: die eine Hälfte der Schläge im VA (Alachlor - Lagon), die andere Hälfte im NA (Callisto-Mikado) + evtl. Nesterbehandl ung gegen Winden. regelmäßig kalken
Geräte	Lohnunternehmer	80 PS + Mulcher 3 m	80 PS + Grubber 2,5 m	80 PS + Federzahn-, Kreisel- oder schwere Egge, je nach Kluten	80 PS + 4-reihige klassische Scheibensämaschine	
Einstellungen		niedrige Fahrgeschwindigkeit	6 – 7 km/h bei 10 cm Tiefe	5 cm tief; mit 5-10 km/h	5 cm tief; mit 5 - 7 km/h	
Entscheidungsregeln für die Maßnahme	Mais muss reif sein		so kurz wie möglich vor der Saat	optimal abgetrocknet	ab Mitte April	
Ziele	Ertrag mit ertragreichen späten Sorten	perfekt schlegeln	Maisstängel zerkleinern und einarbeiten sowie oberflächlich lockern	Einebnen und belüften	In ebenen Boden säen	
Maßnahme erfolgreich: Warum?	befriedigender Ertrag für Betriebsmittelinput	fein häckseln	Möglichst wenig Stängel an der Bodenoberfläche um bei der Saat Verstopfungen zu vermeiden	gleichmäßige Saattiefe	Entwicklung und Fruchtbarkeit der Maispflanzen	
Bemerkungen	Ziele: Keine flache Saatbettbereitung im Frühjahr mehr, da mit den Scheiben Feinerde geschaffen und der Boden belüftet werden kann. Die Begrünung zwischen Winterweizen und Mais wird mit Glyphosat abgespritzt. Nach dem Grubber ist der Boden nicht eben genug. Da der Boden tragfähig ist, wird immer spät geerntet, ohne Probleme. Nachdem die Böden schlecht sind und der Landwirt Versuche angestellt hat, sät er zwischen 50.000 und 80.000 K/ha und erzielt damit im Vergleich mit den Nachbarn korrekte Erträge.					
Stellungnahme des Beraters:	Auf flachgründigen Böden mit niedrigem Ertragspotential kann man mit pflugloser Bodenbearbeitung und relativ einfachen Verfahren, ohne dass Investitionen anfallen (oder nur geringe) substantielle Einsparungen erreichen. Die agronomischen Risiken sind in der geringen Strukturstabilität begründet, die zu Verfestigung und Verschmierungen führen kann. Die Saatbettbereitung muss so kurz wie möglich vor der Saat bei abgetrocknetem Boden erfolgen. Gutes Anbauverfahren.					

Ergebnisse:	<u>positiv</u>	<u>negativ</u>
Ertrag	bei Mais und Tabak etwas geringer (unregelmäßiger); halb soviel Kraftstoff, keine zusätzlichen Investitionen. Tragfähigkeit der Böden bei (später) Ernte; braune Farbe. Zeitersparnis - aber nicht genug, um diese anderweitig zu verwerten.	Effekt der Betriebsgröße, um den Zeitgewinn zu verwerten.
Kosten		
Agronomisch		
Arbeit		
<u>Aufgetretene Probleme:</u>		<u>Lösungen:</u>
Zerstörung der Maisstängel:		Bodenbearbeitung mit Zinkengeräten nicht am Vormittag, wenn die Stängel feucht sind, sondern wenn es trocken ist. Die Stängel brechen dann leichter.
Wie verhalten sich Boden und Bestände in feuchten Jahren?		
<u>Andere Veränderungen:</u>		Einbau von Begrünungen, Fruchtfolge und Leguminosen.

Bei diesem Familienbetrieb mit Sonderkulturen, die für ein recht auskömmliches Einkommen sorgen, gehen die Erwartungen in Richtung Lebensqualität und erfüllte Arbeit. In diesem Zusammenhang wurde die pfluglose Bodenbearbeitung nach mehrjährigen Versuchen auf kleinen Schlägen bis 2002 auf 60% der Fläche eingeführt. Anfänglich gab es eine Passage mit dem Grubber, die heute im Vergleich mit einer flachgründigeren Bearbeitung nicht (mehr) nötig ist.

Fruchtfolge	Mais-Monokultur				Beregnung: nein	Begrünung: nein	Ergebnisse:	positiv	negativ
Bodentyp	saure, zur Verschlammung neigende sandige Lehme der Vogesenvorbergzone / tonige Lehme der Vogesenvorbergzone								
Kalender	Okt.		Nov	März		April	Mai		
Maßnahme	Ernte	Mulchen	Stoppelbearbeitung	Saatbettbearbeitung	Saatbettbearbeitung	Maissaat	Unkrautbekämpfung: Callisto + Milagro gesplittet		
Geräte	MD	100 PS + 3 m - Mulcher	135 PS + Spatenrollegge 3m	135 PS + Spatenrollegge 3m	135 PS + Federzahn-egge 6 m	100 PS + klassische Saat 6-reihig	Grunddüngung im Winter; Harnstoff vor und nach der Saat		
Einstellungen			4 ha/h – 12 km/h – 7 cm tief	mit 12 km/h und 7 cm tief	7 - 10 km/h und 4 cm tief	6 km/h; 2 -5 cm tief	Aufgetretene Probleme: Lösung:		
Entscheidungsregeln für die Maßnahme	Kein Befahren bei feuchtem Boden und Verdichtungsgefahr	möglichst bald nach der Ernte, wenn Stroh trocken	Ernterückstände trocken, aber mindestens ein Regen nach dem Mulchen	abgetrockneter Boden	abgetrockneter Boden	optimale Bodenverhältnisse	Große Plage: Die Krähen (Ernterückstände bei pfluglos) fressen etwa 10% der Saat		
Ziele	den Mais trocken vor der Weinlese ernten	aufgespleiste Stängel und Maiszünsler zerstört	flachgründige Bodenbearbeitung für Durchlüftung und Abbau der Ernterückstände	flachgründige Bodenbearbeitung für Durchlüftung und Abbau der Ernterückstände	Boden einebnen; verhindern, dass er vor der Saat austrocknet	Ablage in einen noch feuchten Bodenhorizont, um den Aufgang zu gewährleisten	Unkräuter: Brombeeren und Kamille (bei verschlammtem sandigem Lehm), Winden		
Maßnahme erfolgreich: Warum?	« Ein schöner Mais wurde gut geerntet »	Kein Verstopfen bei der Stoppelbearbeitung	Gute Vermischung von Ernterückständen und Boden	Gute Vermischung von Ernterückständen und Boden	Boden für die Saat eingeebnet	Auflauf (auch unter schwierigen Umständen)	Nässeperioden 2002/2003 : keine Bearbeitung mit dem Spatenrollegge, da keine geeignete Zeitspanne		
Bemerkungen	Das Häckseln der Ernterückstände ist eine wichtige Maßnahme bei diesem Verfahren, da es über die Bedingungen und die Qualität der nachfolgenden Arbeitsgänge entscheidet. Auch von großer Bedeutung für die Maiszünslerbekämpfung. Höchst mögliche Traktorgeschwindigkeit beim Einsatz der Spatenrollegge, damit dieser genügend tief arbeitet und die Ernterückstände gut mit dem Boden vermischt. Bedeutung des Feldaufgangs: bei Verschlammung schlecht, bei Vorhandensein von Ernterückständen erstaunlich gut.								
Stellungnahme des Beraters:	Dieses Verfahren ist relativ einfach mit herkömmlichen Geräten durchführbar. Nach mehreren Jahren flachgründiger Bearbeitung kann auch einmal tief bearbeitet werden, um eventuell Schädlinge (Mäuse, Maulwürfe) zu vertreiben und Wurzelunkräuter zu bekämpfen. Die Bearbeitung mit der Spatenrollegge kann im Frühjahr zum Verschmieren und Verspecken führen, wenn der Boden zu nass ist. Auf verschlammenden Lehmen ist eine einmalige Bearbeitung mit der Federzahnegge vorzuziehen. Ein Klutenräumer an der Sämaschine sorgt für eine gleichmäßige Saat und kann evtl eine zweite Überfahrt mit der Federzahnegge ersparen.								

Zur Optimierung des wirtschaftlichen Ergebnisses wurde der Betrieb mehr und mehr spezialisiert. Der Landwirt hat in 1993 aufgehört zu pflügen, wegen des Erosionsrisikos beim Monomais. Aufgrund der schonenden Bodenbearbeitung erhält der Betrieb inzwischen mehr Pachtfläche (ist attraktiver Pächter, weil er konservierend arbeitet!) Hohe Maschinenschlagkraft bietet gute Möglichkeiten zur Optimierung der Abläufe und der Bodenbearbeitung ZUM OPTIMALEN ZEITPUNKT, weil 2 AK zur Verfügung stehen.

Fazit: Mulchsaat wurde primär als Maßnahme zum Erosionsschutz erfolgreich eingesetzt, enorme arbeitswirtschaftliche Vorteile haben sich erst später ergeben.

Fruchtfolge	Monomais			Beregnung nein	Zwischenfrucht: Ja
Bodentyp	SL und schwer Lehm auf Löss				
Termin	Okt	Dez		April	
Maßnahme	Mulchen	Mulchen	Tiefenlockerung	Saatbettvorbereitung	Aussaat:
Geräte		Gänsefußschar	Lemken Corunt	Lemken Konkord mit nachlaufendem Packer	100 PS + Kreiselegge + Monosem
Bodentiefe	10 cm tief	10-15 cm	70 cm; in Steillagen nicht flächig, sondern quer zum Hang in 6 m Streifen (Abstand ca. 20 m)	ca. 10 cm tief	6 cm tief
Entscheidungsregel	gleich nach der Ernte		Nur bei optimalem Bodenzustand, nie bei Feuchte	Anfang April	
Ziele	Stoppelbearbeitung, einmischen		Alle 2-3 Jahre	Einmischen und Rückverfestigen, Saatbett vorbereiten	Im gut eingeebneten Boden säen für guten Aufgang
Maßnahme erfolgreich / Wieso?					
Bemerkungen	Die Stoppelbearbeitung im Dezember kann ersetzt werden durch eine Lockerung mit dem Grubber (auf bis zu 40 cm Tiefe bei schweren Böden), die auch die Ernterückstände mit dem Boden vermischt.				
Kommentar	Erosionsschutz steht im Vordergrund. Tiefenlockerung quer zum Hang ist positiv, weil es dem Wasser erlaubt, zu versickern. Ein früherer Termin wäre günstiger, da der Unterboden im Dezember oft schon wassergesättigt ist. In feuchten Jahren muss diese Maßnahme unterbleiben. Düngung: pH-Wert beachten! Ist der Kalkgehalt für schweren Boden optimal? Kalkung trägt ggf. zur Stabilisierung des Bodengefüges bei!				

Ergebnisse:	positif	Negativ
Ertrag		
Aufwand	Weniger Spritzmittel wegen der Mulchschicht; bessere und tiefere Durchwurzelung; weniger Trockenstress; Tragfähigkeit erhöht, mehr Pachtflächenangebot	Fusarium ist nicht schlechter geworden;
Pflanzenbau		
Arbeitswirtschaft	Enorme Vorteile	
<u>Aufgetretene Probleme:</u>		<u>Lösung:</u>
Schwerer Lehm: Verdichtungsanfällig, Feuchtigkeit lief nicht ab, schwer befahrbar		Kiesdrainage; Mulchsaat und 70 cm Tiefenlockerung, aber nur bei optimalen Bedingungen
<u>Andere Veränderungen</u>		

Seit 1995 werden Winterraps und Winterweizen pfluglos mit einer klassischen Grubber-Sämaschinen-Kombination bestellt. Dadurch ließen sich die Arbeitsspitzen der Herbstbestellung brechen. Nach der Anschaffung von Spezialgeräten (Sämaschine, Lockerer, Federzahnegge) wurde dies auch mit Erfolg bei Mais versucht. Infolgedessen konnte noch deutlich mehr Arbeitszeit eingespart werden.

Das Anbauverfahren muss den Anbauerfolg sicherstellen..

Fruchtfolge	Monomais				Beregnung: zum Teil	Zwischenfrucht: Ja
Bodentyp	mehr oder weniger tiefgründiger sandig-toniger Lehm des oberelsässischen Vogesenvorlandes					
Kalender	Okt		März	April		Mai
Maßnahme	Ernten und Mulchen	Stoppelbearbeitung	flache Frühjahrsbearbeitung	Saatbettlockerung	Maissaat	Düngung: 18-46-0, danach Harnstoff
Geräte	eigener Mährescher mit Häcksler unter dem Schneidetisch	180 PS Breitreifen+ 5m-Scheibenegge	180 PS mit Breitreifen + 6m-Federzahnegge	180 PS mit Breitreifen + 6-reihiger Héllisol-Grubber	120 PS + klassische 6-reihige Drillmaschine mit Scheibenräumern	Unkrautbekämpfung: 1 - 2 Mal Callisto – Milagro mit 1/3 Aufwandmenge + Nesterbehandlung mit Banvel
Einstellungen		mit 15 km/h und 10 cm tief	mit 12 km/h; 5 cm tief <u>quer</u>	20-25 cm tief 8-10 km/h	6 km/h; 4 - 5 cm tief	
Entscheidungsregeln für die Maßnahme	Kein Befahren von feuchtem Boden, da Verdichtung	Stroh trocken, Boden abgetrocknet	Boden abgetrocknet	abgetrockneter Bearbeitungshorizont – 8 Tage vor der Saat.	Die Bodenverhältnisse müssen optimal sein.	
Ziele	Während der Weinlese einen trockenen Mais ernten	Ernterückstände einmischen für schnellen Abbau	Boden auf 5cm Tiefe wieder öffnen	Boden belüften, <u>das Bodenprofil homogenisieren, damit Mais nicht verhockt</u>	Gelungene Saat	
Maßnahme erfolgreich: Warum?		Einmischung offensichtlich	Feinerde	Weder Verschmieren noch wieder zugehen	Saatreihe von Ernteresten freigeräumt	
Bemerkungen	Das Mulchen ist eine wichtige Maßnahme bei diesem Anbauverfahren, da es die Geschwindigkeit und Güte der nachfolgenden Arbeiten bedingt. Auch sehr wichtig für die Bekämpfung des Maiszünslers. Lockerung: Im Herbst bei den Tonböden, sobald diese abgetrocknet sind (eher November als September); im Frühjahr seit 2 Jahren bei schönem Wetter auf Lehm und manchen Sandböden, damit sich diese nicht wieder schließen; Wartet immer 3-4 schöne Tage ab, ganz systematisch bei Mais und Raps Beregnung bereitet keine Schwierigkeiten: Solange die Vegetation den Boden noch nicht vollständig deckt, kleine Düsen verwenden; Gesamtmenge reduzieren.					
Stellungnahme des Beraters:	Die Stoppelbearbeitung mit der Scheibenegge erlaubt eine gute Einmischung des Maisstrohs, kann aber zu Verstopfungen führen, wenn das Stroh nicht kurz gehäckselt ist, wenn die Scheiben zu eng stehen. Außerdem besteht bei diesen Böden die Gefahr, dass der Boden zu fein wird oder verschmiert, wenn es zu feucht ist. Die Verwendung eines Packers nach flacher Bearbeitung kann die Adhäsion verschlechtern (Schlupf) und Verdichtungen des Bearbeitungshorizonts in den Saatspuren hervorrufen. Die Nachbearbeitung muss später erfolgen oder unterbleiben. Der Einsatz eines Lockerungsgeräts zu diesem Zeitpunkt erleichtert die Wurzelentwicklung des Mais; es besteht jedoch die Gefahr des Verschmierens in feuchten Frühjahren bzw. der Austrocknung in trockenen Jahren, wenn keine Beregnung möglich ist. Die Gefahr ist umso größer, je heterogener die Bodenverhältnisse des Schlags sind. Auf staunassen Böden gibt es folgende Möglichkeiten für pfluglose Verfahren: Stoppelbearbeitung mit anschließender Lockerung im Herbst, um das Wasser versickern zu lassen; Direktsaat im Frühjahr. Wenn die Tragfähigkeit des Bodens im März die Abtötung einer Zwischenfrucht erlaubt, kann diese zur Austrocknung des Bodenprofils eingesetzt werden.					

Ergebnisse:	positiv	negativ
Ertrag	kein Effekt	Erhöhung des Maschinenkapitals durch Neuzugänge; Phoma bei Raps
Kosten		
Agronomisch	«grusiger Boden/Sandbüchse»; Tragfähigkeit; Dränverhalten; Homogenität des Bodenprofils; besser bearbeitbar	
Arbeit	Brechung der Arbeitsspitzen	
<u>Aufgetretene Probleme:</u>		<u>Lösung:</u>
Wissen, wann man beginnen soll		Bodenprofile an ausgewählten Stellen ; abwarten können
Möglichkeiten der pfluglosen Bearbeitung auf staunassen tonigen Böden (Montmorillonite)		keine ? deshalb keine pfluglose Bearbeitung dieser Böden
<u>Andere Veränderungen:</u>		
Grundlage der Bodenfruchtbarkeit ist noch mehr die Kalkung als die Grunddüngung		

Der Monomaisanbau auf sandigem Lehm in z.T. starker Hanglage, auch auf Löss, wurde wegen Erosionsproblemen auf Mulchsaat umgestellt. Frühere starke Erosionsprobleme sind heute beseitigt durch Mulchsaat quer zum Hang, trotz Monomaisanbau auf diesen Flächen. Früher bestand Arbeitskonkurrenz zwischen Düngung + Bodenbearbeitung mit dem Aufstellen von Pheromonfallen in den Weinreben. Heute kommt als schlagkräftiges Verfahren eine Scheibenegge mit 12 km/h zur Saat zum Einsatz.

Fruchtfolge	Monomais		Beregnung nein	Zwischenfrucht: nein
Bodentyp	Lehmiger Sand			
Termin	Okt	März	April	Mai
Maßnahme	Mulchen	Saatbettbereitung	Aussaart:	<u>Unkraut-</u> <u>bekämpfung</u> Motivell / Callisto je 0,8 l/ha
Geräte	Scheibenegge	Scheibenegge	Sämaschine 8 Reihen	<u>Düngung</u> 40-40-6 und Kali zur Saat; N
Bodentiefe		12 km/h - ca. 10 cm tief	5-6 cm	
Entscheidungsregel	direkt nach der Ernte, wenn gute Bedingungen	nur bei Trockenheit		
Ziele	Einmischen von Maisstroh	Unkrautbekämpfung, bessere Bodenerwärmung	Samen muss in den gut erwärmten Boden gesät werden	
Maßnahme erfolgreich / Wieso?				
Bemerkungen	Wenn Lockerung nötig: Dutzi 20 cm tief im März.			
Stellungnahme des Beraters:	Diese Böden müssen bei guten Bedingungen bearbeitet werden. Wenn tiefe Lockerung notwendig sein sollte, nur bei trockenem Unterboden, sonst ist der Schaden größer als der Nutzen (Verschmieren in der Tiefe). Eine Bearbeitung im frühen Herbst ist meist günstiger als im März.			

Ergebnisse:	positiv	negativ
Ertrag	stabil	
Aufwand	gesenkt	
Pflanzenbau	Tragfähigkeit erhöht	
Arbeitswirtschaft	Zeit gewonnen, weniger Arbeitspitzen.	
<u>Aufgetretene Probleme:</u>		<u>Lösung:</u>
Erosionsprobleme früher jährlich auf Hangflächen.		Querbearbeitung und Mulchsaat
Lemken Smaragd macht gute Oberfläche, aber schlechte Untergrundlockerung		Kurzscheibenegge und wenn nötig Dutzi auf 20 cm Tiefe
<u>Andere Veränderungen</u>		

14 MAIS-MONOKULTUR im RIED

Trotz der geringen Größe des Betriebs wurde vor 7 Jahren kurzfristig in Spezialgeräte für die pfluglose Bodenbearbeitung investiert (das Ziel rechtfertigt die Mittel). Aus Gründen der Rentabilität müssen diese Geräte auch in anderen Betrieben eingesetzt werden. „Nur mit geeignetem Gerät und entsprechendem know-how lassen sich gute Ergebnisse mit pflugloser Bodenbearbeitung erzielen“. Die Zwischenfrüchte müssen an jede Situation angepasst werden. Sie spielen eine wichtige Rolle in verschiedener Hinsicht, insbesondere im Überschwemmungsbereich: Zurückhaltung des Bodens, Erhaltung der Bodenstruktur, Beschleunigung des Abtrocknens der Böden.

„Das Anbauverfahren wird ein Jahr im voraus festgelegt“, ist Ausdruck der Notwendigkeit, den Boden in guter Struktur und eben zu halten.

Fruchtfolge	Monomais		Beregnung: ja	Zwischenfrucht: Ja		Ergebnisse:	positiv	negativ
Bodentyp	schwere Tonböden des braunen, schwarzen und grauen Rieds der III					Ertrag	stabil bei 107 dt/ha; besser auf Überschwemmungsflächen	
Kalender	Okt		April		Mai	Kosten	weniger Beregnungsgaben; Stickstoff; 90% weniger Arbeit; geringere Saatstärke	Investitionsbedarf; zu bewirtschaftende Fläche;
Maßnahme	Stoppelbearbeitung	Satt der Zwischenfrucht	Saatbettbereitung oder Glyphosat	Saat		Agronomisch	Erosion; Bodenkenntnis	
Geräte	200 PS + 6 m - Mulchtiller	200 PS + SD 4000	200 PS + Mulchtiller mit Gänsefußscharen (6 m) bzw. 1 - 1.5 l/ha	200 PS + 6-reihiges Spezialgerät für Direktsaat		Arbeit	technisch; erfordert Kenntnisse und Praxiserfahrung;	Suche nach geeigneter Technik und Zwischenfrucht
Einstellungen	15-17 km/h; 3 cm tief;	15 km/h	15-17 km/h; < 5 cm tief	6 km/h		Aufgetretene Probleme:		
Entscheidungsregeln für die Maßnahme	direkt nach der Ernte	Je nach Jahr und Art der Zwischenfrucht	bei trockenem Boden mechanisch; chemisch am Tag vor der Saat	Bodenbedingungen kein Termin		Lösung:		
Ziele	Stroh und Erde vermischen	eine Bodenbedeckung haben	Begrünung und Unkraut vernichten	gedrungene Pflanzen				
Maßnahme erfolgreich: Warum?		immer	Wirksamkeit der Abtötung	ökonomisch optimale Bestandesdichte und Stängeldurchmesser				
	Schläge im Überschwemmungsgebiet ohne Stoppelbearbeitung	andere Zwischenfrucht im Überschwemmungsgebiet				Andere Veränderungen:		
Bemerkungen	Die Zwischenfrucht setzt sich aus mehreren Arten zusammen, die je nach Boden und Jahr wechseln und die der Landwirt nicht verraten will. Seit 5 Jahren keine Probleme, dass nicht rechtzeitig bearbeitet werden können hätte. Bei weißen Lehmböden wurde einige Male gelockert, ist aber nach Ansicht des Landwirts in 95% der Fälle nicht gerechtfertigt. Direktsaat ohne Stoppelbearbeitung im Herbst erfolgt auf verschlammenden und überschwemmungsgefährdeten Flächen (ca. 5 ha). Die zweite Hacke ist ein Anhäufeln, wohl um die Reihen zu bedecken???. Die mechanische Abtötung der Zwischenfrucht erfolgt Anfang April, wenn das Wetter gut ist (abgetrockneter Boden), die chemische Abtötung am Tag vor der Saat, wenn der Boden befahrbar ist und die Luftfeuchtigkeit stimmt. Saat: robuste Pflanzen ohne Gesundheitsprobleme; niedrige Saatstärke; Ziel: kräftige Einzelpflanzen (Stängeldurchmesser). Beregnung: 3-4 Mal, je nach Bedarf, aber mit hohen Einzelmengen.							
Stellungnahme des Beraters:	Dieses Verfahren erfordert Spezialgeräte, da es hohe Arbeitsgeschwindigkeit (für eine gute Einmischung flacher als auf Saattiefe) und Aussaatqualität, notfalls auch ohne vorherige Saatbettbereitung gewährleisten muss. Für seine Einführung bedarf es einer vorherigen Auseinandersetzung und Erfahrung mit den Effekten einer pfluglosen Bestellung. Die Aussaat der Zwischenfrucht kann aus Kostengründen breitwürfig mit nachfolgender Stoppelbearbeitung erfolgen. Die späte Abtötung der Zwischenfrucht scheint den Mais auf diesen im Frühjahr meist wassergesättigten Böden nicht zu beeinträchtigen. Im Gegenteil trocknen sie das Profil ab. Die mechanische Abtötung einer winterharten Zwischenfrucht ist heikel und kann misslingen. Das dazu eingesetzte Gerät scheint geeignet zu sein, sofern die Abtrocknung des Bodens optimal ist.							

Der Abbau der Ernterückstände auf diesen schweren und kalten Böden wurde infolge der geringen biologischen Aktivität immer schwieriger. Deshalb erfolgte vor 10 Jahren die Umstellung auf die pfluglose Bestellung. Anpassungen der vorhandenen Geräte erfolgten nach und nach, um auftretenden Problemen abzuwehren. Grundsätzlich sollte jedoch ziemlich gewöhnliches Gerät ausreichen. Der Traktor hat Breitreifen, aber keine Zwillingsbereifung, da die Feld-Hof-Entfernung groß ist. Versuche mit Direktsaat scheiterten wegen den kalten Böden.

Das gewählte Anbauverfahren arbeitet mit herkömmlichem Gerät, das auch auf gepflügtem Boden funktioniert, falls es einmal zu Problemen kommt und nachdem klar ist, dass Direktsaat auf diesen Böden nicht in Frage kommt.

Fruchtfolge	Monomais		Beregnung: z.T.		Zwischenfrucht: nein		
Bodentyp	schwere Tonböden des blonden und schwarzen Rhein-Rieds - Ried Nord / toniger Lehm des Kochersberg						
Kalender	Okt.			N	M	April	Mai
Maßnahme	Maisernte + Mulchen unterm Schneidetisch	Mulchen	Stoppelbearbeitung			Saatbettbereitung und Aussaat in einem Arbeitsgang	Unkrautbekämpfung: Splitting mit zwei Mal
Geräte		120 PS + Mulcher	200 PS + 4 m - Grubber Smaragd			200 PS + 6 m-Kreiselegge + klassisches 8-reihiges Scheibensäugerät mit rotierenden Klutenräumern	1/3 bzw. 1/2 Aufwandmenge um 45 €/ha mit Pampa und Callisto + 20 ha Banvel
Einstellungen	wenn möglich bei guten Bodenverhältnissen		8 - 12 km/h – 10-15 cm tief			7-8 km/h – 5-6 cm tief + 4-5 cm tief (4 ha/h)	Düngung: Kali nach der Saat wegen Gefahr der Fixierung; eher Kalkstickstoff als Harnstoff, da diese Böden kalt sind.
Entscheidungsregeln für die Maßnahme	Ertragspotential mit späten Sorten	sobald wie möglich nach der Ernte	gleich nach dem Mulchen			ziemlich früh säen (15.-20. April)	
Ziele	Ernten unter günstigen Bedingungen	Ernterückstände zerkleinern und Maiszünsler bekämpfen	feine Ernterückstände in den Boden einmischen - Wurzeln abschneiden - einebnen			Ausgangsbestandesdichte sicherstellen	
Maßnahme erfolgreich: Warum?		keine hohe Stoppel, da diese länger braucht, um sich zu zersetzen	gute Einmischung			Gleichmäßigkeit der Saat	
						Saat verschoben, um nicht einzuschmieren; bessere Befahrbarkeit	
Bemerkungen	Wenn nass geerntet wurde, wird der Boden 25 cm tief gelockert, um 'wiederherzustellen, was zerstört wurde' (Mährescherspuren). Im Laufe der Zeit kam das Stoppelmulchen unter dem Schneidetisch zum ganzflächigen Strohmulchen und zur frühen Stoppelbearbeitung im Herbst, weil das Management der Ernterückstände ein wichtiger Punkt ist.						
Stellungnahme des Beraters:	Im Gegensatz zu den beiden anderen gibt es bei diesem Verfahren weder Zwischenfrüchte noch spezielle Sämaschinen. Dennoch sind einige Anpassungen bei den Geräten unerlässlich, weil sich die organischen Ernterückstände nur langsam zersetzen und den nachfolgenden Mais tatsächlich stören können. Die Stoppelbearbeitung kann im Falle von Überschwemmungen zu Bodenverlusten führen. Eine Lockerung, die die oberflächennahe Bodenschichtung intakt lässt, könnte vorzuziehen sein. Dieses Verfahren lässt sich recht einfach und ohne Spezialgeräte realisieren, wenn jeweils optimale Bearbeitungsbedingungen herrschen.						

<u>Ergebnisse:</u>	<u>positiv</u>	<u>negativ</u>
Ertrag	besser auf Tonboden und 2003	
Kosten	Verschleiß; Diesel, Ersatzteilkosten (10 fach niedriger)	
Agronomisch	Befahrbarkeit im Frühjahr; Adhäsion; 5 Tage mehr Widerstand gegen Trockenheit; weniger Schmiersohlen; Wasserinfiltration	kleinere Arbeitszeitfenster
Arbeit	Schlagkraft; 1 Überfahrt weniger; 1 Stunde weniger Arbeit/ha	
<u>Aufgetretene Probleme:</u>	<u>Lösung:</u>	
Probleme dass Scheiben auf schweren Böden schlecht eindringen	Höherer Anpressdruck auf Säaggregate	
Einebnung, Tiefe und Gleichmäßigkeit der Arbeit, Ungleichmäßiger und langsamer Feldaufgang hat in einem Jahr 40% Ertrag gekostet	Kreiselegge und rotierende Klutenräumer an der Sämaschine	
Mehr Hirsen und Winden	Vorauslaufmittel gegen Hirsen; ganzflächige Behandlung mit Banvel ist wirksamer, da die Winden weiter entwickelt sind.	
<u>Andere Veränderungen:</u>		
Befahren nur bei abgetrocknetem Boden, um jedwede Verdichtung zu vermeiden: Ernte, Pflanzschutzbehandlungen, Bodenbearbeitung.		

Staunässe war im Betrieb der Hauptgrund für die Umstellung auf „modifizierte Direktsaat“. Die Böden waren bei Pflugbewirtschaftung extrem schlecht befahrbar. Die Bewirtschaftung erfolgt in Kooperation mit weiteren Landwirten, die nicht mehr pflügen. Die Bodenbearbeitung mit Mulchtiller wird im Lohn vergeben. Verdichtungen werden unbedingt vermieden (Mähdrescher mit Raupenfahrwerk, sonst Zwillingsbereifung).

Durch die Zeiteinsparung bei entfallender Herbstfurche kann bei Arbeitsspitzen in anderen Betriebsbereichen (Tabak) auf Fremdleistung verzichtet werden. Verdichtungen sind nicht zu beobachten. Der Boden lockert sich aufgrund der vielen Regenwürmer inzwischen selbst besser als es früher durch mechanische Lockerung möglich war.

Fazit: Kosteneinsparungen im Lohnbereich, Arbeitsspitzen wurden erfolgreich gebrochen, besserer Bodenzustand

Fruchtfolge	Monomais		Beregnung nein	Zwischenfrucht: nein
Bodentyp	Sandiger oder sandig-toniger Lehm			
Termin	März	April		Mai
Maßnahme	Totalherbizid 2 l/ha Round-Up	Unkrautbekämpfung	Aussaat:	<u>Unkrautbekämpfung</u> Mikado /Callisto je 0,9 l/ha Banvel 0,2 l/ha
Geräte	110 PS + Feldspritze	110 PS + Kombination aus Grubber und vorlaufender Scheibenegge (Mulchtiller John Deere),	100 PS + Kreiselegge + Monosem	<u>Düngung</u> N, P, K, Mg Reihendüngung zur Aussaat
Bodentiefe	-	ca. 10 cm tief	6 cm tief	<u>Insektizid zur Aussaat</u>
Entscheidungsregel	15 Tage vor der Saat	Anfang April	zweite Aprilhälfte	
Ziele	Verunkrautung abspritzen	Boden flach lockern, mechan. Unkraut- bekämpfung, abgespritzte Unkräuter einmischen	Boden sollte nicht zu nass und nicht zu kalt sein	
Maßnahme erfolgreich / Wieso?				
Kommentar	Ursache für Staunässe nicht bekannt (Pseudogley aus Parabraunerde? Pflugsohle?) Erfolgt im Herbst keine Stroh- bzw. Stoppelbearbeitung? Mulchen? Gefahr durch Maiszünsler! Positiv: Bearbeitung erfolgt nur bei relativ trockenem Boden, nur flache Einmischung -> Stroh wird umgesetzt und nicht vergraben Mulchgang im Herbst zur Maiszünslerbekämpfung und Umsetzung des Maisstrohs wäre wünschenswert.			

<u>Ergebnisse:</u>	<u>positiv</u>	<u>negativ</u>
Ertrag	unverändert	
Aufwand	gesunken (s.o., Diesel, PSM) zusätzlich Gewinn durch MEKA	
Pflanzenbau	Boden trocknet DEUTLICH besser ab, Befahrbarkeit erheblich verbessert, Staunässe kein Problem mehr, Boden hat bessere Farbe und riecht nicht mehr faulig	
Arbeits- wirtschaft	Arbeitsspitzen gebrochen, dadurch Einsparungen bei Fremdarbeitern	
<u>Aufgetretene Probleme:</u>	<u>Lösung:</u>	
<u>Andere Veränderungen</u>		

12 MAIS-MONOKULTUR sowie ZUCKERRÜBEN oder ZWIEBELN nach MAIS IM RIED

Die pfluglose Bodenbearbeitung wurde erstmalig 1992 auf nicht rechtwinkligen Schlägen erprobt, wo mit dem Pflügen in Arbeitsspitzen viel Zeit verloren ging. Seit 1996 wird der gesamte Betrieb pfluglos bewirtschaftet, auch zu den später eingeführten Sonderkulturen (Zwiebeln und Tabak). Die Strategie der Kostenreduzierung muss einhergehen mit einer Arbeitsvereinfachung im Ackerbau, zugunsten der Sonderkulturen. Das Anbauverfahren muss sich mit den auf dem Betrieb verfügbaren Geräten zufriedenstellend durchführen lassen.

Fruchtfolge	Zwiebeln-Zuckerrüben-Mais (3 Jahre) ODER Zuckerrüben – Mais (3 Jahre)			Beregnung: Ja	Bedeckung : Nein		<u>Ergebnisse :</u>	<u>positiv</u> zufriedenstellend ;	<u>negativ</u> Ertragseinbußen im zweiten und dritten Jahr.
Bodentyp	sandig-lehmiger Riedboden								
Kalender	Mitte-Okt - Anfang November		Dez	März			Mai		
Maßnahme	Ernte und Stoppelschlegeln unter dem Schneidetisch	130 PS + Mulcher	tiefe Stoppelbearbeitung	1 oder 2 Saatbettbereitungen im Frühjahr		Saat	Düngung: 200 kg/ha N/P 18-46 zur Saat;		
Geräte	Mähdrescher vom Lohnunternehmer.	130 PS ND + Häcklser 3 m	130 PS + Smaragd 3m-Grubber	110 PS Niederdr.reif.+ 4m-Federzahnegge + Packer (ganzes Gewicht auf den Rollen)	110 PS + klassische 6-reihige Scheibensämaschine mit rotierenden Klutenräumern				
Einstellungen		8 km/h	8 – 10km/h ; 20 ha/Tag; 10-15 cm tief	An 3 Stellen: 1. Reihe weniger tief als die letzte, um Ernterückstände aufzureihen		8 – 8,5 km/h	Unkrautbekämpfung: Mikado-Milagro-Starane breitflächig im 6-8-Blatt-Stadium von Mais		
Entscheidungsregeln für die Maßnahme	wartet ab, bis s der Lohnunternehmer die Erntekampagne abschließt	Gleich nach dem Mähdrusch, solange das Stroh noch trocken ist	Nachts bei -2 - -3°C Bodenfrost. Ideal: Stroh gerade gefroren	Je nach Zersetzungsgrad der Ernterückstände nach Winter – etwa 14 Tage vor der Saat		20.-25. April, wenn <u>Boden erwärmt</u>			
Ziele	Spät ernten, um Wassergehalt zu senken. Böden erlauben dies + Mulchen fällt dann leichter	Zersetzung der Ernterückstände fördern	Stroh und Boden mischen	Saatbettvorbereitung		eher spät säen, damit schneller Aufgang			
Maßnahme erfolgreich: Warum?	Körner sind trocken für Qualität und Crips	Ernterückstände sehr fein zerkleinert	feinkrümeliger Boden und eingearbeitetes Stroh	feines Saatbett haben		erwartet bessere Bodenverhältnisse			
Bemerkungen	Nicht grubbern, wenn zu tief gefroren, da sich dann Ernterückstände und Boden nicht mehr mischen. Wenn es danach noch zu viele Ernterückstände hat, Überfahrt mit Packerwalzen bei -2 - -3°C, um die Stängel zu knicken. Insbesondere vor Zwiebeln müssen die Ernterückstände von Mais fein zerkleinert werden, da sie sonst deren Ernte behindern. Zuckerrüben und Zwiebeln: In den drei ersten Jahren wurde vor der Aussaat der Zuckerrüben systematisch gelockert, um die Pflugsohle zu zerstören. Das Anbauverfahren entspricht dem von Mais, mit einer zusätzlichen Bearbeitung mit der Federzahnegge sowie einer Lockerung der Feldränder nach Zuckerrüben. Die Aussaat der Zuckerrüben erfolgt in den erwärmten Boden mit einer klassischen 12-reihigen Sämaschine mit Packerwalze, um die Feuchtigkeit zu blockieren, ohne Klutenräumer.								
Stellungnahme des Beraters:	Auf kiesigen Böden lassen sich durch pfluglose Anbauverfahren, die relativ einfach sind und nur geringe oder keine Investitionen erfordern substantielle Einsparungen erreichen. Die landbaulichen Risiken sind in geringer Stabilität der Bodenstruktur begründet, die zu Schmierschichten und Verdichtungen führen können. Die Saatbettbereitung im Frühjahr muss auf abgetrocknetem Boden möglichst kurz vor der Aussaat erfolgen. Dies ist ein beispielhaftes Referenzverfahren.								

Ertrag	halb so hoher Kraftstoffbedarf, Beregnung	Agronomisch	+ 1 % organ. Subst. in 12 Jahren; Strukturstabilität und Tragfähigkeit des Oberbodens; immer weniger Lockerung nötig ; höhere Trockenheitsresistenz, Verschwinden der Pflugsohle und Zeitgewinn
Kosten			
Arbeit			
<u>Aufgetretene Probleme:</u>		<u>Lösung:</u>	
Mehr Unkräuter beim Auflaufen		Nicht mehr Behandlungen sondern mehr Effizienz	
Schlechtere Wurzelentwicklung von Mais, weil das Saatbett nicht so fein ist wie nach dem Pflügen		Zu Mais eine zusätzliche Bearbeitung mit der Federzahnegge	
Dichtlagerung des Bodens nach Lockerung mit anschließendem Regen im Frühjahr		Keine Lockerung im Frühjahr bzw. höchsten mit schneller Bestellung danach	
<u>Andere Veränderungen:</u>			
Bei trockenem Frühjahr Rückverfestigung mit Packer, um die Feuchte zu erhalten; in feuchten Jahren: Geduld. Nacharbeit auf gefrorenem Boden.			

24 MONOMAIS

Eine eigene Kompostierungsanlage (neuer Betriebszweig) und der Anbau lukrativer Sonderkulturen beanspruchen viel Zeit des Betriebsleiters, die über die Anwendung pflugloser Verfahren eingespart wird.

Der Betrieb soll durch den Einsatz von Low-Input-Anbauverfahren saniert werden, ein veralteter Maschinenpark erleichterte 1993 die Umstellung.

Fruchtfolge	Monomais		Beregnung non	Couvert : Non
Bodentyp	Flachgründiger Sandboden auf leichtem Kies			
Termin	Okt/Nov	D	März	April Mai
Maßnahme	Stoppelbearbeitung und Tieflockerung, dann Kompostgabe		einmischen von Kompost, Ende März	Aussaat: <u>Unkrautbekämpfung</u> chemisch
Geräte	Tiefengrubber 1-balkig, 7 Zinken,		Egge, Grubber 3 Tage später	Scheibenschar Monosem 1. Mai-Hälfte Hacke mit Reihendüngung
Bodentiefe			ca. 10 cm tief	
Entscheidungsregel			Ende März	
Ziele	mischt etwas ein, aber nicht zu viel		Einarbeitung des Komposts	
Maßnahme erfolgreich / Wieso?	Keine Gänsefußschare, Boden bricht auf, trocknet ab, Steine werden nicht hochgeholt			
Bemerkungen	Bei Verunkrautung kein Touchdown, lieber 2. Grubberstrich. Bei gut gelockerten Böden im Frühjahr: Scheibenegge, sonst Flügelschargrubber. Kreiselegge nur bei schlecht verteilten Ernterückständen. Umstellungsphase bei Mais: zuerst nur Grubber (Scheibenegge auch probiert, war nicht so gut). Dann mit Kompostausbringung (dadurch andere Anforderungen) 2002: Parapflug+Grubber. Problem: Wenig Rückverfestigung, Probleme mit Schnecken.			
Kommentar	Der Flügelschargrubber ist im Frühjahr bei feuchtem Unterboden nicht empfehlenswert; nur bei trockenen Bedingungen (Herbst) Kritisch: Kompostgabe auf frisch tief gelockerten Boden mit schwerem Gerät Walzen muss sein, um die Hohlräume für Schnecken zu schließen.			

<u>Ergebnisse:</u>	<u>positiv</u>	<u>negativ</u>
Ertrag	im Regionalvergleich nicht an der Spitze, aber im Oberen Drittel	
Aufwand	Verdienst über andere Einnahmequellen (Z.B. MEKA); Variable Kosten 30 %weniger	hoher Maschinenbedarf, Fixkosten 30% mehr (mehr Geräte)
Pflanzenbau	Wenige Steine; besseres Pufferpotenzial für Wasser; bessere Struktur	
Arbeitswirtschaft	Arbeit flexibler;	
<u>Aufgetretene Probleme :</u>	<u>Lösung :</u>	
Winderosion bei Mais nach Mais	Stabilisierung durch pfluglose Bearbeitung und durch Kompost	
punktuell Unkrautdruck extrem, v.a. in der Umstellungsphase	falls nötig, Extrabehandlung	
<u>Andere Veränderungen</u>		

Der Landwirt ist sehr gut und schlagkräftig ausgerüstet durch eigenen Lohnbetrieb. Aus Vereinfachungsgründen wurde Ende der 80er von Mais/Weizen auf Monomais umgestellt. Weizen nach Mais wurde schon immer pfluglos angebaut.

Seit 1992 Umstellung auf Mulchsaat und Aufbau eines Lohnbetriebes.

Betriebsausweitungen in jeder möglichen Richtung steht nichts im Wege, außer die Flächenknappheit. Die Ausweitung des Maschinenparks auf höhere Schlagkraft kann durch den Lohnbetrieb finanziert werden, so dass die Maschinen ausgelastet sind. Betriebsleiter hat viel Spielraum für Investitionen, solange die Rentabilität gewährleistet ist.

Fruchtfolge	Monomais				Beregnung nein	Zwischenfrucht: ja
Bodentyp	Sand, sandiger Lehm, z.T. schwerer Lehm					
Termin	Sept.	Feb	März	April		Mai
Maßnahme	Stoppelbearbeitung und Senfeinsaat	Zwischenfrucht-abtötung	Grubbern	Saatbett Vorbereitung	Aussaat:	<u>Unkrautbekämpfung</u> Motivell
Geräte	pneumatische Sämaschine auf Grubber	Round Up 1L	Lemken Smaragd 5 m	Kultivator oder Kreiselegge (Amazone)	John Deere Direktsaatmaschine	
Bodentiefe	10 cm tief		10 cm	8-10 cm		
Entscheidungsregel	Nach der Ernte (auf Sandböden früh)		<u>Nur auf den schwersten Böden</u>	Auf Lehm Grubber; Auf Sand Kreiselegge		
Ziele		Abspritzen vom Senfbestand	bessere Erwärmung	Einarbeiten vom Senf; gleichmäßiges Saatbett		Gute Saatqualität bei hoher Flächenleistung
Maßnahme erfolgreich / Wieso?						
Bemerkungen	Auf Lehm kommt die Ernte später (Oktober) und sind die Stoppeln mit Scheibenegge eingearbeitet, es wird kein Senf gesät. 30 m ³ /ha Kompost werden im Dezember beim Frost gestreut					
Kommentar	Die in Wellen auflaufende Hirse ist durch späte Anwendung von blattaktiven Wirkstoffen wie z.B. in Motivell bzw. durch Vorlage eines Bodenmittels wie z.B. Terano zu bekämpfen. Gute Umsetzung der hohen organischen Masse durch Einmischung ist anzustreben, wie dies vom Betrieb praktiziert wird. Die Ertragsdepression der ersten Jahre ist wahrscheinlich durch die Stickstofffestlegung im Zusammenhang mit dem Humusaufbau begründet.					

Ergebnisse :	positiv	negativ
Ertrag	gleich	
Aufwand	Maschinenkosten -50 % Treibstoff -70 % Tragfähigkeit und Wasserhaushalt deutlich besser	
Pflanzenbau	70 % Arbeitszeit eingespart.	
Arbeitswirtschaft		
<u>Aufgetretene Probleme :</u>		<u>Lösung :</u>
3. und 4. Jahr Ertragseinbruch		Selbstregulierung
Nach 2 Jahren Vorgewende verdichtet		Lockern mit Parapflug
Hirse 3. Jahr (2. Welle von Herbizid nicht erfasst)		
<u>Andere Veränderungen</u>		
Zwischenfrucht Senf bei Frühernte auf Sand; Mäuse und Schnecken bestimmt nicht mehr als früher		

1

ANBAU von MAIS und ZUCKERRÜBEN nach MAIS in der ROTEN HARDT

Der Landwirt arbeitet seit 9 Jahren pfluglos, ohne größere Probleme. Erstes Ziel der pfluglosen Bodenbearbeitung war die Anhebung des Humusgehalts im Boden. Die Beschaffung von Spezialgeräten war geplant, sollte aber zeitlich gestreckt werden. Gleich zu Anfang wurde in Geräte für den Pflugersatz (Parapflug) sowie in die Anpassung der Sämaschine investiert. Die traditionellen Saatbettbereitungsgeräte sollten vorerst für die Saatbettbereitung reichen (Philosophie der kontinuierlichen Erneuerung von Maschinen). Nach 5 Jahren wurden spezifischere und vielseitigere Stoppelbearbeitungs- und Saatbettbereitungsgeräte angeschafft. Damit sollten die Schlagkraft, die Einheitlichkeit der Bearbeitung oberhalb vom Saathorizont und die Unkrautbekämpfung verbessert werden. Zum Maisanbau wird eine tiefere Bodenbearbeitung in Verbindung mit flacheren Arbeiten zur Unkrautbekämpfung beibehalten. Vor Zuckerrüben gibt es noch eine Stoppelbearbeitung im Herbst, um die Ernterückstände von Mais schneller abzubauen.

Fruchtfolge	Mais (3 Jahre) – Zuckerrübe				Berechnung: ja	Begrünung: nein	
Bodentyp	flachgründige sandig-lehmige Rote Hardt						
Kalender	Nov.	Dez.	J.	F	März	April	Mai
Maßnahme	Mulchen der Stängel + Stoppeln	pseudo-Pflug			2 flache Arbeitsgänge im Abstand von 2 Wochen	Saat	NA-Herbizid Düngung
Geräte	Mulcher	190 PS Doppelbereifung + Express-Pflug 2,7 m			190 PS Doppelbereifung + Mulchtiller 5,7 m (Zinken od. Gänsefußschar + Scheiben + Egge + Walze)	klassische 6-reihige Scheibensämaschine mit rotierenden Klutenräumern	systematische Zünslerbekämpfung
Einstellungen		35 cm tief 9 km/h – 20 ha/d			5 cm tief 15 km/h – 80 ha/d	Saattiefe 5-6 cm zwischen 20. und 25. April	
Entscheidungsregeln für die Maßnahme	ab der Ernte	vor Weihnachten (Frostgare)			warten bis gut abgetrocknet	Korn in feuchten Boden ablegen	
Ziele	Zersetzung der Rückstände fördern	tief lockern ohne zu wenden			nicht tiefer als Saathorizont bearbeiten – Unkraut bekämpfen	schnellen Feldaufgang sicherstellen	
Maßnahme erfolgreich: Warum?	Ernterückstände fein gehäckselt	der Boden kann gefrieren und auftauen			keine Schmierer bei der Saatbettbereitung		
Maßnahme nicht möglich: Handlungsregel?		Verschiebung bis Ende Februar			noch kein zu nasses Frühjahr, das ein Befahren unter guten Bedingungen verhindert hätte		
Bemerkungen	Mulchtiller mit einfachen Zinken im ersten Durchgang und 25 cm breite Gänsefußschar im 2. Arbeitsgang. Im Frühjahr muss man mit dem Mulchtiller noch länger warten als mit der Federzahnegge, damit die Gänsefußschar nicht schmierer. Zuckerrübe: Vor ZR müssen Maisstoppeln und -stroh mit den Scheiben eines Mulchtillers zerkleinert werden (8cm tief bearbeiten). Aussaat mit klassischer Sämaschine 3cm tief in feuchten Boden.						
Stellungnahme des Beraters:	Dieses Verfahren verwendet relativ spezielle Geräte: Perrein-Pflug, Stoppelhobel mit verstellbarem Zinkenabstand, Maissägerät. Durch die Beibehaltung einer tiefen Bodenbearbeitung werden in Anbetracht der Steine und des Tongehalts, die über Winter strukturieren, keine größeren Risiken eingegangen. Die systematisch tiefe Bearbeitung macht nicht jedes Jahr Sinn und könnte durch eine 10 cm tiefe Bearbeitung mit dem Mulchtiller ersetzt werden. Eine Federzahnegge mit steilen Zinken und großem Durchgang würde zur Saatbettbereitung ausreichen. Um das Bodenleben zu fördern und den Humusgehalt an der Oberfläche zu erhöhen hinterlässt der Perrein-Pflug nicht genügend Erntereste auf dem Boden. Eine flachere Stoppelbearbeitung im Herbst gefolgt von einer Bodenlockerung würde diesen Anforderungen besser entsprechen.						

Ergebnisse:	positiv	negativ
Ertrag	keine Auswirkung	
Kosten	Diesel, Geräteverschleiß, Arbeit	
Agronomisch	Tragfähigkeit, Wasserleitfähigkeit, Humusgehalt (Analysen)	Feuchtigkeit im Frühjahr
Arbeit	Arbeitszeit	
<u>aufgetretene Probleme:</u>		<u>Lösungen:</u>
Weniger Zugkraft/Bodenhaftung wegen fehlender Pflugfurche		Bodenbearbeitung erst wenn bestens abgetrocknet; Doppelbereifung
Qualität der Saat		Anpassung der Sämaschine: Maissämaschine mit rotierenden Klutenräumern.
Aufkommen von Unkräutern (Vogelmiere), die seiner Meinung nach den hohen Humusgehalt des Bodens anzeigen.		Kauf eines Grubbers mit 25 cm Zinkenabstand (néodéchaumeur), der die Bodenoberfläche abschält und die Unkräuter zerstört
<u>sonstige Änderungen</u>		
Bei der Ernte bleiben die Transportwagen auf dem Weg		

Dieses Verfahren erlaubt gleichzeitig Arbeit einzusparen und die Erosion zu bekämpfen. Die verwendeten Getreidesämaschinen sind speziell für Direktsaat. Seit der Umstellung auf pfluglose Bodenbearbeitung (vor 6 Jahren) gab es keine tiefe Bearbeitung mehr. Der optimale Bearbeitungszeitraum ist reduziert und verlangt Nacharbeit. Ansonsten ist das Anbauverfahren nicht viel anders als mit Pflug (Stoppelbearbeitung und Glyphosat ersetzen den Pflug). Die Geräte gibt es in mehreren Varianten, je nach Bodenzustand bei der Ernte der Vorfrucht.

Das Verfahren richtet sich nach der Hangneigung und die dadurch mehr oder weniger große Erosionsgefahr..

Fruchtfolge	Mais – Weizen				Beregnung: nein	Begrünung: ja
Bodentyp	erodierte oder tiefgründige Lösslehme auf den Plateaus und Hängen des unteren Sundgau					
Kalender	August			März	April	Apr/Mai
Maßnahme	Aussaat Zwischenfrucht	Stoppelbearbeitung		Abtötung Zwischenfrucht	1 - 2 flache Arbeitsgänge +Rückverfestigung	Saat
Geräte	100 PS + Düngerstreuer	120 PS + Spatenrolle 4 m		100 PS + Spritze	120 PS Niederdruckreifen Spatenrolle 4 m	120 PS + NG+ und rotierende Klutenräumer (6-reihig)
Einstellungen						Düngung: zur Saat 500 kg/ha NPK 10-14-16, danach Harnstoff
	Sommerhafer oder -Roggen	5 cm; 12-15 km/h		1l/ha de Glyphosat	höchstens 10 cm tief in abgetrockneten Boden, dann 2-3 cm tiefer, um Feuchtigkeit zu haben und möglichst wenige Kluten	Boden abgetrocknet
Entscheidungsregeln für die Maßnahme	Zwischenfrucht bis Ende August aussäen	Ende August – Anfang September		Mitte März – 15 Tage vor Wirktermin	Im Unterboden nichts verschmieren	Unkrautbekämpfung: Callisto-Milagro (0,5-0,8l/ha)
Ziele	Zwischenfrucht + Bodenschutz	Unkrautbekämpfung + Einebnen + Samen zudecken		Früh abtöten, damit sich Grünmasse zersetzen kann und keine Schnecken	Das zukünftige Saatbett verfeinern unter Belassung einer groben Oberfläche	Saat nicht erzwungen
Maßnahme erfolgreich: Warum?	Am 15. Oktober 25 cm hohe Bodenbedeckung zu 95 %	Nach der Stoppelbearbeitung muss der Schlag sauber sein		Zwischenfrucht wird gelb	Kluten an der Oberfläche als Schutz gegen Frostschäden	
		Grubber 15-30 cm tief, wenn Struktur zerstört		Einziger zusätzlicher Arbeitsgang gegenüber dem Pflügen		
Bemerkungen	<ul style="list-style-type: none"> - Die Zwischenfrucht hat mehrere Funktionen 3.: zivilisatorische : Schläge werden nicht von Motorfahrzeugen und Pferden befahren (Land- und Nicht-Landwirte) - Wenn ein Schlag bei der Ernte sauber ist, wird gleich gesät (750A mit 4,5 m). Die Entwicklung der Zwischenfrucht ist dabei zwar um 25% geringer, das Wiederergrünen im Frühjahr aber besser. Die Zwischenfrucht nicht Walzen wg. Gefahr des Verschmierens und um das Wiederergrünen im Frühjahr durch eine bessere Bodendurchlüftung zu begünstigen. - Beim Wiederergrünen im Frühjahr kann das zweite Anwalzen durch ein Horsch-Gerät, das die Erde fein krümelnd und mit einer gewichtsabhängigen Trennung die alten Wurzeln herausholt . nach der ersten Überfahrt mit der Walze bietet sich ein chaotisches Bild, das man ertragen muss. Mit ein oder zwei Hackgängen wird der Boden wieder geöffnet und ihn daneben auch vom Unkraut zu befreien. 					
Stellungnahme des Beraters:	Bei nicht ganz abgetrocknetem Boden führt der Einsatz der Spatenrolle bei der Saatbettbereitung zu Klutenbildung und nicht ausreichend feinem Saatbett. Nach mehreren Jahren flacher Bearbeitung kann auch einmal tiefer bearbeitet werden um alle möglichen Schädlinge am Einnisten zu hindern (Mäuse, Maulwürfe). Dieses Verfahren lässt sich relativ einfach mit herkömmlichem Gerät bewerkstelligen.					

Ergebnisse:	positiv	negativ
Ertrag	gleichwertig	
Kosten	Zeitersparnis;	Geräte sind teurer
Agronomisch	Erosion, Schlammlawinen und Verschläm-mung; Bodenstruktur ; Drainage; Verschmutzung der Straßen; geringer	technisch anspruchsvoller
Arbeit		
Aufgetretene Probleme:		Lösung:
Verständnislosigkeit der Landwirte und Image in der Bevölkerung: chaotische Felder; Schläge werden zu Wegen		erklären
speckige Sohlen kommen von Spatenrolle		Bearbeitung unter trockenen Bedingungen
Andere Veränderungen:		
Der einzige Unterschied zum Pflügen ist eine zusätzliche Spritzung mit Round-up. Höheres finanzielles Risiko bei pflugloser Bearbeitung.		

29 MAIS nach WEIZEN

Der Betrieb wurde 1992 umgestellt auf Mulchsaat. Neben arbeitswirtschaftlichen Gründen spielten auch die Standortverhältnisse eine entscheidende Rolle. Die Rinderhaltung (Bullenmast) wurde abgeschafft, weil sie viel Arbeit machte und nicht mehr rentabel war. Der Betrieb wurde seitdem von 60 auf 180 ha vergrößert.

Die Ertragsdepressionen bei der Umstellung der Bodenbearbeitung waren spürbar, aber hinzunehmen, die Investitionen für anzuschaffende Geräte leistbar.

Fruchtfolge	Mais - Weizen		Beregnung: nein	Zwischenfrucht: Ja	
Bodentyp	nasskalte Gleye				
Termin	Jul/Aug		Feb	April	Mai
Maßnahme	Stoppelbearbeitung 2 Mal	Tiefenlockerung mit Zwischenfruchteinsaat	Begrünung abspritzen (evtl. Flachgrubber)	Aussaat: Mais	Unkrautbekämpfung
Geräte	240 PS + Grubber Lemken Smaragd 6 m	240 PS + Dutzi 3 m + pneumatische Sämaschine auf Grubber	Chemisch, evtl. mechanisch		Düngung
Bodentiefe	5-10 cm tief	20-40 cm (s.u.)	-		
Entscheidungsregel	Direkt nach der Ernte	wenn es bei der Ernte nass war, bis zu 40 cm, sonst 20 cm tiefe Lockerung	chemisch bei nassem Frühjahr!	3-4 Tage später als Pflugbetriebe	
Ziele		Bestellung wie Hauptfrucht, mit aufwändiger Saatbettbereitung	Bessere Erwärmung	Saat in warmen Boden	
Maßnahme erfolgreich / Wieso?			Verdichtungen auf jeden Fall vermeiden Guter Feldaufgang trotz kaltem Bodentyp		
Bemerkungen					
Kommentar	Sehr wichtig ist hier die Bearbeitung erst bei abgetrocknetem Boden durchzuführen bzw. im Frühjahr keine Bearbeitung bei Nässe durchzuführen, wie dies der Landwirt praktiziert. Bei Mais ist der Termindruck bei der Saat auch nicht so stark wie bei Zuckerrüben.				

<u>Ergebnisse:</u>	<u>positiv</u>	<u>negativ</u>
Ertrag	selber Ertrag nach der Umstellungsphase wie vorher.	Umstellungsphase mit Minderertrag 5 ersten Jahre
Aufwand	gleich	
Pflanzenbau	Extremer Anstieg an Regenwürmern;	Ausrüstung sehr teuer
Arbeitswirtschaft		
<u>Aufgetretene Probleme:</u>		<u>Lösung:</u>
Früher stark vernässt		5-6 Jahre nach Umstellung auf Mulchsaat deutlich besser
Schnecken		Keine Hohlräume produzieren, immer gut rückverfestigen
Fusariumdruck höher		weniger anfällige Sorten. Fruchtfolge wäre gut, aber welche ist rentabel?
<u>Andere Veränderungen:</u>		
Mais wird jetzt 3-4 Tage später gesät.		

Der Betrieb wurde 2001 aus arbeitswirtschaftlichen Gründen umgestellt auf Mulchsaat. Seitdem gibt es weniger Probleme mit Fusarien, weil Maisstroh nicht untergegraben und im Folgejahr wieder an die Oberfläche hochgepflügt wird, sondern flach eingearbeitet und vollständig biologisch abgebaut wird. Die Ernte wird regelmäßig vom Tierhaltungsinstitut untersucht, da der Betrieb Futterbau für die eigene Schweinehaltung betreibt und Mykotoxinbelastungen durch Fusarien zu Problemen führen würden. Das Futter als Kostenfaktor für die Fleischerzeugung muss bei niedrigen Schweinepreisen günstig sein. Wirtschaften mit wenig Kapitaleinsatz und der verfügbaren Arbeitskraft.

Fruchtfolge	Mais - Weizen		Beregnung nein	Zwischenfrucht: Ja		
Bodentyp	Lehm am Hang					
Termin	Aug		Feb	April		Mai
Maßnahme	Stoppelbearbeitung	Senfeinsaat	Saatbett Vorbereitung	Saatbett Vorbereitung	Aussaat	<u>Pflanzenschutz</u> Spritzen gegen Maiszünsler; Banvel, Trichogramma <u>Düngung</u> gesamte N-Gabe zur Saat
Geräte	Scheibenegge oder Stoppelgrubber Doppelherzschare	Kreiselegge+ Drillmaschine	Scheibenegge	Kreiselegge		
Bearbeitungstiefe:	20 cm tief		15 cm	7 cm	6 cm	
Entscheidungsregel	14 Tage nach der Ernte		Ende Feb., wenn möglich, gerne bei Frost	Anfang April		
Ziele		Günstige Zwischenfruchtansaart	Senf umbrechen und Boden lockern für bessere Erwärmung	Saatbett einebnen	In gutes, ebenes Saatbett säen	
Maßnahme erfolgreich / Wieso?						
Bemerkungen	Nach der Weizenernte bei viel Unkraut: Round Up. Stoppelbearbeitung ohne Nachläufer nicht rückverfestigt: gibt bessere Frostgare (dafür evtl. Schnecken) Im Februar Schweine-Festmist bei Frost. Früher Gülle im April, jetzt Strohstallhaltung, kann Mist bei Frost ausbringen. Vorteile: Artgerechtere Tierhaltung (Vermarktungsvorteil!) und weniger Verdichtung im Acker durch besseren Ausbringungstermin (bei Frost). Bei Momomais nach der Ernte Scheibenegge 7-8 cm (so flach wie möglich) und im Februar Grubber 20-25 cm, danach im April Scheibenegge wie bei Mais nach Weizen.					
Kommentar	Die Bodenbearbeitung ist im Februar mit 15 cm zu tief, die Senfaussaat evtl. zu früh, dadurch entsteht zu große Masse, die eine zu tiefe Bearbeitung erforderlich macht. Nach der Lockerung im Sommer sollte im Frühjahr nur bis zur Saattiefe bearbeitet werden für eine schnellere Bodenerwärmung und gleichmäßigeren Aufgang des Mais.					

Ergebnisse:	positiv	negativ
Aufwand Pflanzenbau	Aufwand langsam niedriger Wasser läuft besser ab, Flächen trocknen schneller, bessere Befahrbarkeit, höhere Tragfähigkeit.	
Arbeitswirtschaft	Arbeitsspitzen gebrochen; massive Einsparungen an Arbeitszeit; Schlagkraft deutlich erhöht; 40 ha/Tag anstatt 20	
<u>Aufgetretene Probleme:</u>		<u>Lösung:</u>
Schlechte Saatgutablage, demzufolge schlechter Feldaufgang und weniger Ertrag		Monosem NG+ gekauft Accord hatte zu wenig Schardruck, legt daher ungleichmäßig ab
Probiert seit 10 Jahren Mulchsaat, zuerst mit Frässaat		Problem: Schlechte Bodenerwärmung
Viel Humus, schlechte Abtrocknung des Bestandes nach Regen Teilstücke im Tal manchmal mit Mehltau bei Weizen nach Mais		
<u>Andere Veränderungen:</u>		
Weniger Mais wegen Wurzelbohrer		

Der Betriebsleiter bewirtschaftet ca. 300 ha mit 1 AK. Nebentätigkeiten zur Erschließung eines neuen Betriebszweiges beanspruchen ebenfalls viel Zeit. Deshalb darf der Ackerbau nicht viel Arbeit machen. Der Betrieb verfügt über gute Weizenstandorte (60-80 dt/ha) mit deutlich besserem Deckungsbeitrag als Körnermais, wegen der Höhenlage. Die Maschinenausstattung ist auf hohe Schlagkraft ausgelegt. Langfristig sollen 100 ha schlechte und kleine Äcker abgegeben und der Betrieb auf 200 ha sehr effizient geführt werden.

Fruchtfolge	Mais - Weizen		Beregnung: nein	Zwischenfrucht: Ja		
Bodentyp	Leichte Kiese					
Termin	Aug	Jan	März	April	Mai	
Maßnahme	Zwischenfrucht-Aussaat Ölrettich	Grubbern	2. Grubberstrich	Saatbettbereitung	Saat	Unkrautbekämpfung Motivell (Queckenbekämpfung) Düngung ENTEC Zünslerkontrolle
Geräte	120 PS + John Deere 750 A, 4 m	Grubber Smaragd 5 m	Grubber Smaragd 5 m	Kreiselegge; Zwillingsbereifung gegen Verdichtungen	Monosem NG+ 8-reihig, 6 m	
Bodentiefe :		15 cm Arbeitstiefe	6-8 cm (Saatbetttiefe)			
Entscheidungsregel		Ende Januar				
Ziele		Ölrettich einarbeiten	Mischen, Kapillarität brechen um Wasser zu sparen	Unkrautbekämpfung		
Bemerkungen	Fruchtfolge mit W-Weizen u. A. als effiziente Maßnahme zur Bekämpfung von Problemunkräutern wie z. B. Ackerwinde. Falls Ölrettich sich vor Winter zu stark entwickelt, wird im Dezember gemulcht					
Kommentar	Bei Sortenwahl im Winterweizen Schwerpunkt auf Fusariumresistenz legen, Ährenbehandlung mit fusariumwirksamem Azol.					

Ergebnisse:	positiv	negativ
Ertrag	Erhöht	
Aufwand	gesunken	
Pflanzenbau		
Arbeitsaufwand	gesunken	
<u>Aufgetretene Probleme:</u>		<u>Lösung:</u>
Mäuse		1 Behandlung mit Giftweizen
Fusarium bei Weizen		Zweite Ährenbehandlung
<u>Andere Veränderungen</u>		

2 b

WINTERERBSEN nach MAIS im erosionsgefährdeten HÜGELLAND

Die Schlammlawinen in Nachbardörfern haben den Landwirt veranlasst, nach Möglichkeiten zur wirksamen Erosionsbekämpfung zu suchen. Direktsaat mit Zwischenfrucht ist sicher die beste Methode, verlangt jedoch Spezialmaschinen. Die Einführung pflugloser Bodenbearbeitung hat den Landwirt die Mais-Monokultur durch den Anbau von Winterweizen und -erbsen zu unterbrechen. Er verfügt über eine Spezial-Sämaschine, mit der er den Weizen bzw. die Erbsen direkt nach Mais säen kann. Aus Gründen der Kosteneinsparung wird die Anzahl der Behandlungen begrenzt.

Fruchtfolge	Wintererbsen (oder -weizen) - Mais	Beregnung: nein	Ergebnisse:
Bodentyp	verschlammungsgefährdete Lehme des Nordelsass		
Kalender	A S	Okt/Nov	Frühjahr
Maßnahme	Aussaat Wintererbsen		<u>Unkrautbekämpfung</u>
Geräte	140 CV + 4 m - Direktsämaschine		2 Behandlungen 2003 gar keine 2004 bei Erbsen, 1 bei Weizen mit 0,15 l/ha Basagran; 0,15 l/ha Challenge
Einstellungen	3 – 4 cm tief 10km/h		
Entscheidungsregeln für die Maßnahme	optimale Saattermine (25. Okt – 5. Nov., d.h. sobald kein Weizen mehr gesät werden kann)		Keine Düngung mit N, P, K; noch kein Fungizid
Ziele	bei günstigen Boden- und Witterungsbedingungen aussäen		
Maßnahme erfolgreich: Warum?	Bodenstruktur für die Saat ist gut.		
Bemerkungen	Ziele der Bodenbearbeitung: Die Schichtung des Bodens nicht durcheinander bringen, auch nicht durch die Stoppelbearbeitung; eine Durchmischung ist nicht gewollt und jede Bearbeitung kostet (z.B. 3 dt/ha je Arbeitsgang bei der Stoppelbearbeitung). Jeder Arbeitsgang vor der Saat schädigt den Boden, da dieser nie ganz trocken ist (kurze Zeitspanne zwischen zwei Kulturen), sofern der Mähdröschler keine Spuren hinterlassen hat. Die Maisrückstände werden nicht gemulcht; dies bewirkt eine bessere Qualität der Saat.		
Stellungnahme des Beraters:	Wintererbsen kann man in verschiedenen Situationen säen, sofern keine Fusariumgefahr besteht, der Boden eben und von homogener Struktur ohne Verdichtungszone ist. Die Saat kann erfolgen, ohne dass die Maisstängel fein gehäckselt wurden, was Behinderungen bei der Saat und schlechten Feldaufgang mit sich bringen kann. Auf Körnermais sollte wegen der Gefahr von Fusarienbefall kein Weizen gesät werden, insbesondere bei Direktsaat. Soll entgegen diesem Rat doch Weizen folgen, sind die Ernterückstände fein zu häckseln und flach einzuarbeiten. Die Weizensorte hat idealerweise gegenüber Ährenfusarium tolerant zu sein; bei entsprechender Witterung hat eine chemische Behandlung zu erfolgen.		

Ergebnisse:	<u>positiv</u>	<u>negativ</u>
Ertrag	gleichwertig bei Weizen	
Kosten	Diesel, Unterhalt, Arbeitsstunden; Grund- und Stickstoffdüngung	mit den Investitionen verbundene Abschreibungen
Agronomisch	Durchwurzelung; mürber Boden, lässt sich leichter bearbeiten	
Arbeit	Arbeitszeit, Anzahl und Tempo der Bearbeitungsmaßnahmen	
<u>Aufgetretene Probleme:</u>		<u>Lösungen:</u>
psycholog. im 1. Jahr: chaotischer Zustand der Schläge, schlechter Start des Mais, Einstellungsprobleme bei der Sämaschine		Unterstützung durch Beratung, Arbeit an sich selbst.
<u>Sonstige Veränderungen</u>		
agronomischer Ansatz; Profile; Reduzierung von Grund- und N-Düngung; Zwischenfrüchte und Fruchtfolge		

Eingeführt wurde die pfluglose Bodenbearbeitung im Jahr 1998, um die Arbeit im Betrieb besser zu verteilen. Ziel des Landwirts ist, sich ganzjährig das Wochenende freizuhalten und im Winter und zu Beginn des Frühjahrs möglichst viel Freizeit zu schaffen. Wichtigstes Gerät ist ein modifizierter Grubber (verbreitert von 4 auf 6m und gezogen) mit Accord-Sämaschine für Zwischenfrucht, Getreide und Raps mit Doppelherz-Scharen, um in verschiedenen Tiefen arbeiten zu können. Er entspricht den Anforderungen des Landwirts und ist nicht teuer.

Das Anbauverfahren nach Mais umfasst auch eine Bearbeitung mit der Scheibenegge, die die Ernterückstände besser einmischt als der Grubber.

Fruchtfolge	Mais - Winterweizen (Stroh abgefahren) - Winterraps					
Bodentyp	sandige Lehme und sandig-tonige Lehme der Vogesen-Vorbergzone des Oberelsass					
Kalender	A	S	Okt/Nov			Frühjahr
Maßnahme		Maisernte + Untertischmulcher	mulchen	tiefe Lockerung	kombinierte Aussaat	Unkrautbekämpfung: Wachstumsstoffmittel, wenn nach Isoproturon (Herbst) noch Kamille und Ehrenpreis übrigbleiben. Fungizid: Optimo F 500 und dann Horizon gegen Fusarium, weil der Müller zwei Behandlungen wünscht
Geräte		Lohn-MD + Überlader	Lohn-Mulcher	145 PS + 5,5 m Scheibenegge	135 PS + Kreiselegge + 3m-Sämaschine	
Einstellungen				so tief wie möglich – 15 cm	6-8 km/h	
Entscheidungsregeln für die Maßnahme		1 Tag vor der Aussaat des Weizens	Dans la foulée	Dans la foulée	Dans la foulée	
Ziele		So spät wie möglich ernten		Ernterückstände mit Boden vermischen	eine gelungene Saat	
Maßnahme erfolgreich: Warum?		<u>erlaubt es, den Weizen unter günstigen Bedingungen zu säen</u>	fein zerkleinerte Ernterückstände			
					Wenn zu viele Ernterückstände, bis Dezember warten	
Bemerkungen	Die Tiefe der Stoppelbearbeitung richtet sich nach der Strohmenge. Da es beim Mais viel gibt, heißt das, so tief wie möglich. Nach Mais nur Bearbeitung mit der Scheibenegge, da nur sie in der Lage ist, die große Menge an Ernterückständen nach Mais gut in den Boden einzumischen. Die Qualität der Zerkleinerung ist wichtig : Zuerst unter dem Schneidetisch und dann mit Spezialgeräten. Weizen nach Raps: 1 Stoppelbearbeitung mit dem Grubber (mit Gänsefußscharen)+ Walze so bald wie möglich nach der Ernte, damit die Unkräuter auflaufen und die Schnecken gestört werden, sofern nötig; 1 Glyphosatbehandlung, wenn nötig, kurz vor der Aussaat, die ebenfalls mit dem Grubber erfolgt. Raps nach Weizen: Stroh wird geborgen, da verkäuflich; Gänsefußschar-Grubber nach der Ernte 5 cm tief ; Lockerung bald nach der Ernte, solange der Boden noch feucht ist und Risse bilden kann (Nachteil : Feinerde, die verstopft und verschlämmt); Grubber 10 cm tief für das Saatbett + Walze zum Einebnen und rückverfestigen; Round-up wenn wiederergrünen (alle 3 Jahre)					
Stellungnahme des Beraters:	Diese Fruchtfolge sollte bei pflugloser Bestellung vermieden werden, da die Gefahr groß ist, dass das Erntegut wegen Fusariumbefall nicht vermarktungsfähig ist. Auf den leichten Böden muss die Saatbettbereitung so kurz wie möglich vor der Ernte erfolgen, um zu vermeiden, dass in der Zwischenzeit ein Regen den Boden wieder verfestigt. Wenn die Ernterückstände vorher gut verarbeitet wurden, ist keine Spezialsämaschine erforderlich, um Verstopfungen zu vermeiden. Vorsorgemaßnahmen bei der Ernte (Erhaltung einer ebenen Bodenoberfläche) und eine feine Zerkleinerung der Ernterückstände erlauben es, auf eine tiefe Bearbeitung zu verzichten (und die Saatstärke leicht zu erhöhen, sofern nötig).					

Ergebnisse:	positiv	negativ
Ertrag	gleichwertig	
Kosten	Bodenstrukturstabilität; Befahrbarkeit erlaubt frühere N-Düngung; weniger Schnecken Schlagkraft	
Agronomisch		
Arbeit		
<u>Aufgetretene Probleme:</u>		<u>Lösung:</u>
Zu viel Feinerde durch die Lockerungsarbeiten, die verstopft		Bearbeitung bei recht feuchten Verhältnissen: kurz nach der Ernte im Sommer
Zwei Arbeitsgänge mit dem Grubber, um schlecht zerkleinerte Ernterückstände einzuarbeiten → zu langsame Zersetzung		Scheibenegge
<u>Andere Veränderungen:</u>		
Umladeeinrichtung + keine Molluskizide mehr		

Für diesen Landwirt, der seit 1992 pfluglos wirtschaftet, ist der Betrieb kein Selbstzweck sondern vor allem ein Mittel. Er muss ihm möglichst viel freie Zeit lassen, ohne dass die Rentabilität leidet. Dank dem Maschinenring kann er über Spezialgeräte verfügen, die sonst für ihn mit seinen 85 ha wohl nicht möglich gewesen wären. Nach zwei bis 4 Jahren Mais, je nach Bodentyp, folgt Winterweizen. Der heikelste Punkt ist das Management des Maisstrohs, das den Feldaufgang des Weizens nicht behindern darf.

Fruchtfolge	Mais (4 oder 2 Jahre) - Winterweizen (ohne Strohbergung) - Raps					<u>Ergebnisse:</u>	<u>positiv</u> Gleich hoch	<u>negativ</u> vom 3.-5. Jahr
Bodentyp	Lößlehme des unteren Sundgaus / kalkhaltige Tonböden des Jura					Ertrag	Niedrigere Festkostenbelastung durch MR; Zeitgewinn; CTE	Ertragsrückgang (m. Horsch S-E),
Kalender	A	S	Okt		Frühjahr	Kosten	(MEKA),	(m. Horsch S-E),
Maßnahme			Maisernte	Stoppelbearbeitung	Weizenaussaat	agronom.	weniger Erosion und Ver- schlammung, Verdichtungen;	Bodenprofil noch nicht homogen
Geräte			MD mit Breitreifen + Häcksler unter dem Schneidewerk	170 PS + Dutzi 3 m	120 PS + Kreiselegge mit aufgesattelter Amazone- Scheibensämaschine	Arbeit	Abbau der organischen Subst. Arbeitszeitaufwand bei weit entfernten Schlägen	
Einstellun- gen				8 cm tief – 1 ha/h mind.	4 cm tief; 5-9 km/h	<u>Aufgetretene Probleme:</u>		
Entscheid- ungsregeln für die Maßnahme			gute Bedingungen	Den Boden so bald wie möglich bearbeiten, sobald es trocken ist	Wunschtermin 15. Oktober	<u>Lösungen:</u>		
Ziele			Ertrag ohne Strukturschädigung	Erde und Maisstängel mischen	unter den bestmöglichen Bedingungen säen (= nichts verzwängen)	Nimmt an, dass dem Weizen nach Mais 2003 Stickstoff gefehlt hat (gilt nicht für Weizen nach Raps), wegen dem Stickstoffverbrauch für die Zersetzung des Maisstrohs.		
Maßnahme erfolgreich: Warum?			Keine Fahrspuren hinterlassen	In den Boden eingemischt, der Eben und fein ist	Bei günstigen Bedingungen zum Optimaltermin gesät	→ will die erste N-Gabe bei Weizen nach Mais auf 80 kg N/ha anheben		
						<u>Andere Veränderungen:</u>		
Bemerkun- gen	Keine tiefe Bodenbearbeitung (bei der Dutzi wurden die Zinken herausgenommen). Manchmal wird zwei Mal gemulcht, damit der Feldaufgang des Weizen nicht behindert wird. Zu Weizen nach Raps erfolgt eine Stoppelbearbeitung mit dem Smaragd-Grubber nach der Ernte, um die Wurzeln zu zerstören und einzumischen. Nach Mais verstopft dieser und wird deshalb nicht benützt. Gesät wird am 30. September. Je höher der Tongehalt der Böden, desto weniger darf man Arbeiten verzwängen. Die besseren (8lehmigeren) Böden sind da weniger empfindlich. Verwendet zur Stoppelbearbeitung keine Scheibengeräte mehr, da der Boden hinterher nicht eben ist und es bei kalkhaltigen Böden zu Verstopfungen und Verschmierungen kommt (keine Probleme bei Lehm). Die Gleichmäßigkeit des Feldaufgangs von Weizen kann Probleme bereiten: Weizen hängt in der Luft, wenn Maisstroh in der Saatreihe liegt.							
Stellungnah- me des Beraters:	Bei pflugloser Bodenbearbeitung sollte diese Fruchtfolge vermieden werden, da die große Gefahr besteht, dass die Annahme des Ernteguts vom Handel wegen der Gefahr von Fusariumbefall abgelehnt wird. Die flachgründige Bodenbearbeitung kann beibehalten werden, solange der Boden nicht durch Befahren geschädigt wurde. Das Mulchen mit anschließender flacher Stoppelbearbeitung zur Einarbeitung der Ernterückstände ist gegenüber einer Stoppelbearbeitung mit der Dutzi (langsamer, teurer und weniger effizient) zu bevorzugen. Wenn die Mineralisation bei pflugloser Bodenbearbeitung zu Beginn des Frühjahrs niedriger ist, kann die erste Stickstoffgabe erhöht werden.							

Mit der pfluglosen Bodenbearbeitung soll Zeit gewonnen und die Erosion bekämpft werden, ohne dass große Kosten entstehen (vorzugsweise mit Maschinenring). Die bedeutendste Investition betrifft das Gerät zur Stoppelbearbeitung mit Säaggregat für kleine Körner. Die Umstellung auf pfluglose Verfahren erfolgte langsam (7 Jahre) mit einem ersten Versuch in Weizen nach Silomais auf tonig-lehmigen Böden, die sich am besten dafür eignen. Haupthindernis war der Umgang mit der Vorfrucht Körnermais. Das Verfahren unterscheidet sich nur gering vom Pflugverfahren (die tiefe Stoppelbearbeitung ersetzt den Pflug).

Fruchtfolge	Weizen - Silo- oder Körnermais				
Bodentyp	lehmiger Ton bis toniger Lehm auf Löss oder schwerem Lehm des Hügellandes am Fuße der Vogesen				
Kalender		Okt			Frühjahr
Maßnahme	Maisernte (Untertischmulcher)	tiefe Bearbeitung	Zerkleinerung und Einarbeitung	Weizenaussaat	Unkrautbekämpfung: Nachbesserung der Herbstbehandlung (Quartz oder Isoproturon) mit Wuchsstoffen + Nester von Winden
Geräte	Mähdrescher	110 PS + 3m-Grubber	110 PS + 3m-Kreiselegge	110 PS + Amazone 3m-Scheibenschar-sämaschinenkombination	Fungizide Septoria: OGAM Wachstumsregler C5
Einstellungen	feine Ernterückstände	7 - 8 km/h (10 km/h wäre besser + krümeln) 20 cm tief	5-6 cm tief; 5-6 km/h	4 – 5 cm tief	
Entscheidungsregeln für die Maßnahme	Reife	Bei gutem Wetter den Boden 1 Tag nach der Ernte abtrocknen lassen	So bald wie möglich nach der vorherigen Maßnahme	Sobald wie möglich nach vorheriger Maßnahme – guter Anpressdruck auf den Scheiben	
Ziele		Krümeln im Untergrund ohne zu schmieren	Saatbettbereitung	keine Schmierer der Scheiben	
Maßnahme erfolgreich: Warum?	Bei Bearbeitung mit Grubber dürfen keine Strohhäufen zusammengesoben werden			Auflauf des Weizens vor Entstehung einer Verschlammungskruste	
			Pflug		
Bemerkungen	Die Bearbeitung mit dem Grubber erfolgt früher als mit dem Pflug. Keine Molluskizide. Im Jahr 2003 wurden 10 ha mit der vom Conseil Général beschafften Technik direkt gesät → gute Ergebnisse (gilt nicht für 1,5 ha mit Direktsaat in den Jahren 2002 und 2004))				
Stellungnahme des Beraters:	Bei pflugloser Bodenbearbeitung sollte diese Fruchtfolge vermieden werden, da die große Gefahr besteht, dass die Annahme des Ernteguts vom Handel wegen der Gefahr von Fusariumbefall abgelehnt wird. Bei diesen verschlammungsanfälligen Böden muss die Saatbettbereitung so kurz wie möglich vor der Saat erfolgen, um die Gefahr einer Dichtlagerung zwischen den beiden Maßnahmen zu begrenzen. Die an der Oberfläche verbleibenden Ernterückstände sollen die Verschlammung eindämmen. Dieses Anbauverfahren ist teuer. Die Kreiselegge, die nicht gut einmischt, sollte durch Mulchen ersetzt werden. Die Bearbeitung mit dem Grubber muss zu Weizen nicht so tief sein, sofern der Boden nicht deformiert ist. Bei Verwendung einer Scheibensämaschine stören die Ernterückstände an der Bodenoberfläche nicht weiter, insofern als der Weizen in der Lage ist, eventuelle Fehlstellen beim Feldaufgang zu kompensieren und weil dadurch auch der Oberflächenabfluss reduziert wird (und damit auch der Herbizidabtrag)				

Ergebnisse:	positiv	negativ
Ertrag	gleichwertig	Verluste, wenn Regen zwischen tiefer Bodenbearbeitung und Saat
Kosten	keine Investitionen;	
Agronomisch	Erosion (Rinnen) und Verschlammung, Bodenleben;	Beobachtungs- und Überlegungsaufwand
Arbeit	Arbeitserleichterung	
Aufgetretene Probleme:		Lösung:
Umgang mit den Ernteresten der Vorfrucht; nach Körnermais wird weiterhin gepflügt.		Versuche mit vereinfachter Saat und nach einigen Jahren Direktsaat
Wenn es nach dem Grubberstrich regnet, wird die Saat nicht gut: Gemenge von Feinerde und Maisstroh wirkt wie ein Löschlatt		bisher noch kein großes Problem
Andere Veränderungen:		

16b

WEIZEN nach WEIZEN am VOGESENFUSS - Grenze zur HARDT

Seit 1995 wird Winterraps und Winterweizen mit dem Grubber in Kombination mit einer klassischen Sämaschine bestellt. Damit konnte die Arbeitsspitze in dieser Zeitspanne gebrochen werden. 2001 brachte ein Versuch auch in Mais gute Ergebnisse. Die Anschaffung von Spezialgeräten (Zinken-Sämaschine, Scheibenegge) erlaubte in der Folge eine deutliche Erhöhung der Schlagkraft, ein wichtiger Punkt bei der Weizenbestellung. Bei Weizen wird die Aussaat in ein sehr sauberes Feld angestrebt. Der schwierigste Punkt ist die Unkrautbekämpfung, der dem Landwirt am meisten am Herzen liegt.

Fruchtfolge	Winterweizen nach Winterweizen – dazwischen gelegentlich Winterraps			
Bodentyp	mittelgründiger sandig toniger Lehm des oberelsässischen Vogesenfuß			
Kalender	Aug.	Sept.		Okt.
Maßnahme	1-2 Mal Blindstriegelein	Unkrautbekämpfung	Stoppelbearbeitung	Aussaat Winterweizen
Geräte	180 PS + 5m Scheibenegge	120 PS + Spritze	180 + 6m-Mulchtiller mit Gänsefußscharen	180 PS + Horsch CO 4, 4m mit Flügelscharen
Einstellungen	fast senkrecht stehende Scheiben, 2-3 cm tief; 10 km/h	1,5 - 2 l/ha	7-8 cm tief; 12 km/h	17 km/h – 3-4 cm tief – 40 ha/Tag
Entscheidungsregeln für die Maßnahme	sobald wie möglich wegen der Feuchte	grünes Feld; Auflauf der Ausfallsamen	Wirkung des Glyphosats	wenn Zeit
Ziele	die kleinen Körner zum Auflaufen bringen	sauberes Feld vor der Aussaat	einebnen und mischen	zum optimalen Termin so schnell wie möglich säen
Maßnahme erfolgreich: Warum?	guter Feldaufgang	Vernichtung der Unkräuter	ebenes Feld	Aussaat unter günstigen Bedingungen
				Bei Problemen Verschiebung der Saat
Bemerkungen	Der Mähdrescher ist mit einem Häcksler und Strohverteiler ausgerüstet. Seit 5 Jahren keine Grunddüngung zu Weizen (und auch kein K zu Mais). In der Regel nur eine Fungizidbehandlung außer zu Weizen für Saatgutvermehrung (2).			
Stellungnahme des Beraters:	Die Monokultur einer einzigen Kulturart bringt Verunkrautungsprobleme mit sich, die nur mit großem Aufwand wirksam zu bekämpfen sind: Zu mehreren Maßnahmen der Stoppelbearbeitung kommt eine intensive chemische Bekämpfung. Die Bearbeitung mit dem Mulchtiller nach der Glyphosatbehandlung bewegt nochmals den Boden und kann zum Auflaufen einer neuen Welle von Unkräutern führen. Mit einer späteren Glyphosatbehandlung ließe sich dieses Problem umgehen.			

Ergebnisse:	positiv	negativ
Ertrag	kein Effekt	
Kosten		Erhöhtes Anlagevermögen durch neue Maschinen
Agronomisch	'Bodenmehl', Tragfähigkeit, Dränverhalten, Homogenität des Bodenprofils, besserer Ansatz f. Landwirt	Phoma bei Raps
Arbeit	Kappung der Arbeitsspitzen	
Aufgetretene Probleme:		Lösung:
Wissen, wann loslegen		'persönliche' Bodenprofile und 'abwarten können'»
Andere Veränderungen		

Der Betrieb verwendet Mulchsaat zu Getreide und Mais in der Fruchtfolge, um Arbeitsspitzen zu brechen. Monomais-Flächen werden wegen Problemen beim Strohmanagement weiterhin gepflügt. Da der Betrieb Zuchtsauen hält, die sehr empfindlich auf Mykotoxine reagieren, wird die Ernte laufend untersucht. Betrieb kann für den Anbau keine MEKA-Förderung in Anspruch nehmen, da eine 2. Ährenbehandlung bei MEKA nicht zulässig ist, aber in manchen Jahren (viel feuchte Witterung zur Getreideblüte) aus betrieblichen Gründen nötig ist.

Fruchtfolge	Wintergerste - Mais - Weizen					Beregnung nein	Zwischenfrucht: nein
Bodentyp	Sandiger Lehm						
Termin	Sept	Okt	Jan	Feb	April	Juni	
Maßnahme	Grubber (Ernte: 3. Dekade)	Aussaat	Stickstoff	Herbizid	N-Gabe und Fungizid		
Geräte	150 PS + Lemken Smaragd						
Bodentiefe:	10 cm		70-75 kg/ha N	2 l/ha IPU ; 3 l/ha Stomp	Juwel		
Entscheidungsregel	Ende September	1. Dekade			Bei Weizen CYCOCEL, bei Gerste JUWEL vor Ährenschieben		
Ziele	Rotte beschleunigen		Erste Düngergabe früh und etwas mehr N als früher				
Maßnahme erfolgreich / Wieso?							
Bemerkungen							
Kommentar	Maisstroh und Stoppel mulchen, evtl. N-Ausgleichsdüngung mit AHL oder Harnstoff spritzen zur Rottebeschleunigung. Bei Sortenwahl im Winterweizen Schwerpunkt auf Fusariumresistenz legen; Ährenbehandlung mit fusariumwirksamem Azol. Hinweis: Der Betrieb muss nur auf die MEKA-Maßnahme „erweiterter Drillreihenabstand“ und max. 1 Fungizidanwendung ab Stadium 49 verzichten. An den übrigen MEKA-Maßnahmen (z.B. Mulchsaat, Begrünung) ist eine Teilnahme möglich.						

<u>Ergebnisse:</u>	<u>positiv</u>	<u>negativ</u>
Ertrag		gleich
Aufwand		gleich
Pflanzenbau	Tragfähigkeit, Stabilität, Erosionsfestigkeit	Fusarien auf Weizen
Arbeitswirtschaft		
<u>Aufgetretene Probleme:</u>	<u>Lösung:</u>	
Schlechtere Bodenerwärmung	Düngestrategie beim Getreide geändert: erste Gabe betonen und vorziehen auf Mitte Februar	
<u>Andere Veränderungen:</u>		

Das Hauptinteresse liegt in der naturnahen Erzeugung gesunder Lebensmittel. Erosionsprobleme und heterogene Schläge (dadurch z.B. ungleichmäßige Abreife) führten 1977 zur Umstellung auf pflugloses Verfahren.

Auf den Anbau von Körnermais wird wegen der hohen Wahrscheinlichkeit von Bodenverdichtungen bei der Ernte bewusst verzichtet.

Ergebnis: keine Erosion mehr, homogenere Felder.

Im Betrieb wird durch die extensive Produktion sehr wenig Arbeitszeit in den Ackerbau investiert.

(110 ha werden mit 0,2 – 0,3 AK bewirtschaftet)

Fruchtfolge	Winterraps – Winterweizen - Sommererbsen – Sommerhafer		Beregnung: keine	Zwischenfrucht: ja	<u>Ergebnisse:</u> <table border="1"> <tr> <td><u>positiv</u></td> <td><u>negativ</u></td> </tr> <tr> <td> Ertrag Aufwand Pflanzenbau Arbeitswirtschaft </td> <td> Ausgeglichene und bessere Qualität Starke Ersparnis im Treibstoffverbrauch: 20 000 l → 5 000 l im Betrieb Weniger Maschinenverschleiß, biologische Aktivität, Erosionsschutz </td> </tr> <tr> <td><u>Aufgetretene Probleme:</u></td> <td><u>Lösung:</u></td> </tr> <tr> <td> Anfangs Probleme mit Ungräsern und vor allem mit Flughäfer (Avena fatua) Anfänglich Ertragseinbußen Schnecken </td> <td> Anfangs erhöhter Herbizidaufwand - gegen Flughäfer - flaches Bearbeiten Vermeiden von Grobstrukturen im Boden, immer Rückverfestigen durch Walzen nach der Saat </td> </tr> <tr> <td><u>Andere Veränderungen</u></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Kein Mais mehr wegen Verdichtung; Ölrettich um zu lockern.</td> </tr> </table>	<u>positiv</u>	<u>negativ</u>	Ertrag Aufwand Pflanzenbau Arbeitswirtschaft	Ausgeglichene und bessere Qualität Starke Ersparnis im Treibstoffverbrauch: 20 000 l → 5 000 l im Betrieb Weniger Maschinenverschleiß, biologische Aktivität, Erosionsschutz	<u>Aufgetretene Probleme:</u>	<u>Lösung:</u>	Anfangs Probleme mit Ungräsern und vor allem mit Flughäfer (Avena fatua) Anfänglich Ertragseinbußen Schnecken	Anfangs erhöhter Herbizidaufwand - gegen Flughäfer - flaches Bearbeiten Vermeiden von Grobstrukturen im Boden, immer Rückverfestigen durch Walzen nach der Saat	<u>Andere Veränderungen</u>		Kein Mais mehr wegen Verdichtung; Ölrettich um zu lockern.	
<u>positiv</u>	<u>negativ</u>																
Ertrag Aufwand Pflanzenbau Arbeitswirtschaft	Ausgeglichene und bessere Qualität Starke Ersparnis im Treibstoffverbrauch: 20 000 l → 5 000 l im Betrieb Weniger Maschinenverschleiß, biologische Aktivität, Erosionsschutz																
<u>Aufgetretene Probleme:</u>	<u>Lösung:</u>																
Anfangs Probleme mit Ungräsern und vor allem mit Flughäfer (Avena fatua) Anfänglich Ertragseinbußen Schnecken	Anfangs erhöhter Herbizidaufwand - gegen Flughäfer - flaches Bearbeiten Vermeiden von Grobstrukturen im Boden, immer Rückverfestigen durch Walzen nach der Saat																
<u>Andere Veränderungen</u>																	
Kein Mais mehr wegen Verdichtung; Ölrettich um zu lockern.																	
Bodentyp	Schwere Lehmiger Ton																
Termin	Sept	Feb/März		April													
Maßnahme	Saat breitwürfig	Saat der Erbse	Startdüngung (Grunddünger)	Herbizideinsatz gegen Kräuter und Gräser													
Geräte	Steuer auf Flachgrubber + Walze																
Bodentiefe :	10 cm	5 cm	40 kg N/ha														
Entscheidungsregel	ZF Phacelia, Ölrettich zum Lockern	so früh wie möglich															
Ziele		feinkrümeliges Saatbett															
Maßnahme erfolgreich / Wieso?		guter Aufgang															
Bemerkungen	Saat der Erbsen nach Phacelia-Zwischenfrucht und mit Einsatz der Gütler-Walze stellt gutes Saatbett (feinkrümelig) und guten Feldaufgang sicher, Grundsätzlich walzen nach der Saat. Auf Tiefenlockerung wird nach schlechten Erfahrungen (seitliche Verdichtungen) verzichtet und statt dessen Ölrettich zur biologischen Lockerung eingesetzt. Auf schweren Böden, kommt bei Nässe oder bei Gefügestörungen wegen besserer Durchwurzelung ebenfalls Ölrettich. Auf Aussaat in weite Reihen wird verzichtet, aber Bandsaat wird angewandt-> Folge: besseres Abtrocknen der Bestände.																
Kommentar	Das System scheint gut zu funktionieren. Der von den Erbsen gebundene Stickstoff wird jedoch nicht voll genutzt (nur Zwischenfrucht). Durch Änderung der Fruchtfolge Erbse - Raps - Weizen - Hafer könnte der Stickstoff aus der Leguminose durch den Raps besser genutzt und dadurch wahrscheinlich die Stickstoffdüngung optimiert werden.																

31 SOJA nach ACKERBOHNE im Ökolandbau

Der Bio-Betrieb wirtschaftet mit Low-input-Strategie, einerseits aus wirtschaftlichen, andererseits aus ökologischen Gründen. Die natürlichen Verhältnisse sollen so wenig wie möglich gestört werden. Außerdem möchte der Betriebsleiter Zeitkapazitäten für andere Tätigkeiten frei halten. Die Produktionskosten sollen - auch wegen fallender Erzeugerlöhne - weiter reduziert werden.
ZIEL: Extensivierung des Anbaus, möglichst bei gleichbleibenden Erträgen.

Fruchtfolge	Soja-Roggen-Ackerbohne		Beregnung nein	Zwischenfrucht: nein
Bodentyp	Sandiger Lehm oder lehmiger Sand			
Termin	Sept	März	April	Mai
Maßnahme	Stoppelbearbeitung		Aussaat	Blindstriegeln 1-2 cm
Geräte	Stoppelhobel	Dynadrive	Saatbettkombi aus Scheibenegge und Sämaschine Accord	
Bodentiefe :	5-7 cm	5-10 cm		
Entscheidungsregel	Oberboden abschälen	Pflanzenmasse einmischen	Ende April	Soja und Unkraut zum Auflaufen anregen, kleine Unkräuter rausreißen
Ziele	Kapillarität wird gebrochen, Oberboden und Unkraut trocknen aus, Feuchte bleibt im darunter liegenden Boden	Nach Scheibenegge im April gutes Saatbett für Soja		unkrautarmer Bestand, guter Feldaufgang d. Soja
Maßnahme erfolgreich / Wieso?				
Bemerkungen				
Kommentar	Stickstoff der Ackerbohne wird nicht genutzt: Keine Zwischenfrucht oder Winterung; günstig wäre deshalb ein Winterweizen, -Hafer oder -Roggen nach der Ackerbohne.			

<u>Ergebnisse:</u>	<u>positiv</u>	<u>negativ</u>
Ertrag	konstant	
Aufwand	Bearbeitbarkeit besser	noch nicht gesunken
Pflanzenbau	weniger Arbeit	
Arbeitswirtschaft	Gute und stabile Erträge, auch in der Umstellungsphase, Einsparpotenzial in der Bearbeitung	
<u>Aufgetretene Probleme:</u>		<u>Lösung:</u>
Unkraut (Ökolandbau! Kein RoundUp, nur mechanische Unkrautbekämpfung)		Stoppelhobel: Schnelle Stoppelbearbeitung im Sommer, Saatbett für Ausfallgetreide + Unkraut - Auflauf - bekämpfen
<u>Andere Veränderungen</u>		

28 RAPS nach WINTERGERSTE

Der Betrieb liegt oberhalb der Körnermaispengrenze, setzt auf Futterbau + Veredlung sowie auf Qualitätserzeugung (Braugerste)

Strategie: Bodenbearbeitung ggf. weiter extensivieren, wenn möglich mehr Fläche bewirtschaften.

Durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz sieht der Betriebsleiter bessere langfristige Planungssicherheit in der Biogaserzeugung;

Deshalb erfolgte die Umstellung auf Mulchsaat und ein Ausbau der Rinderhaltung.

Fruchtfolge	WG-WR-WW-(Senf+Braugerste oder Silomais)-WG			Beregnung nein	Zwischenfrucht: Ja		
Bodentyp	Sandiger Lehm ODER lehmiger Sand						
Termin	Jul	Aug.	Sept.	Okt.	März	April	Mai
Maßnahme	Ende Juli Ernte	P+K-Düngung, Aussaat am 20.	10. Sept. Pflanzen schutz		Düngung 100 kg N	Düngung 100 kg N + Schwefel	
Geräte	Danach Flachgrubber, (evtl., wenn vorhanden + Scheibenegge) RoundUp Rototiller	Walze, Schneckenkorn flächig: Mesuroil + Mettrex je 50% d. Aufwandmenge wirkt dann lang- u. kurzfristig	Butisan TOP +AGIL	Wachstumsregler FOLIKUR, 0,5 l			
Bodentiefe :		Walzen weil nach WG Tiefgrubber + Grubber, 2 Wochen später Rototiller+Saat			Ende März Insektizid gegen Großen Kohltriebrüssler		Evtl. insektizid gegen Rapsglanzkäfer
Entscheidungsregel		Entscheidungsregel: zwischen Gerste und Raps immer Tiefengrubber.			immer		Nur bei Bedarf
Ziele	Erntereste einarbeiten, Unkrautbekämpfung	Gründe Grubber: Ausfallgetreide bekämpfen, Feuchte im Boden halten. Gründe Tiefengrubber: Tiefenlockerung	Gräser+ Ausfallgetreide bekämpfen				
Bemerkungen	Nach Wintergerste Tiefgrubber vor Winterraps Schlagkraft: 12 ha/Tag. Lohnt sich!						
Kommentar	Nach der Wintergerstenernte sollte eine sehr flache Bearbeitung (1-2 cm) möglichst schräg zur Mähdescherspur erfolgen, um Unkraut (insbesondere Treppe) zum Keimen anzuregen und die Feuchte im Boden zu halten. Erst nach Auflaufen des Ausfallgetreides tiefe Lockerung mit Grubber, um Unkraut und Ausfallgetreide zu bekämpfen.						

<u>Ergebnisse:</u>	positiv	negativ
Ertrag	konstant	
Aufwand		Mist kann z.Zt. ohne Pflug nicht eingearbeitet werden (Hat noch keine Scheibenegge)
Pflanzenbau		
Arbeitswirtschaft	Entlastung bei den Arbeitsspitzen im Herbst	
<u>Aufgetretene Probleme:</u>	<u>Lösung:</u>	
Rapsstroh schlecht verteilt (Feinstroh liegt im Schwad)	Streuverteiler	
Fuchsschwanz wurde eingeschleppt von Mähdescher (Lohnarbeit) Treppe (Bromus) tritt verstärkt als Folge vom Pflugverzicht auf	Fruchtfolge; Spritzen im Herbst	
Leichte Neigung, keine Erosionsprobleme, Böden trocknen schnell aus	Grubber, besserer Wasserhaushalt durch Pflugverzicht	

4 Agrar-ökologische Bewertung von Betrieben mit pflugloser Bodenbearbeitung

Das Projekt zur Ermittlung von Daten über die Pfluglose Bodenbearbeitung beinhaltet eine objektive Evaluierung der Verfahren auf agronomischer und ökologischer Ebene. Diese wurde durchgeführt mit der Methode INDIGO.

Die Ergebnisse wurden den beteiligten Landwirten im Rahmen einer Veranstaltung am 16. März 2005 vorgestellt.

4.1 Die Methode INDIGO

Indigo ist eine wissenschaftliche Methode zur agrar-ökologischen Evaluierung der ökologischen und agronomischen Auswirkungen von landwirtschaftlichen Maßnahmen auf einem Schlag. Sie wurde von einer gemischten Arbeitsgruppe ´nachhaltige Landwirtschaft´ der INRA-Stationen Colmar und Nancy mit ENSAIA und IPL in Zusammenarbeit mit der ARAA entwickelt. Ihre Entwicklung kann als Antwort auf eine zunehmende Erwartungshaltung der Gesellschaft bezüglich dem Umweltschutz sowie auf agronomische Herausforderungen gesehen werden. INDIGO ist ein Instrument zur Diagnose und Entscheidungshilfe. Es richtet sich an Agrarwissenschaftler, Berater und Landwirte, die landwirtschaftliche Anbauverfahren in Richtung auf mehr Nachhaltigkeit weiterentwickeln wollen.

Die Evaluierung landwirtschaftlicher Anbauverfahren mit INDIGO kann sowohl auf Schlag- als auch auf Betriebsebene erfolgen. Dabei werden die Stärken und Schwächen dieser Verfahren aufgezeigt. INDIGO legt auch die Einzelheiten von Zwischenergebnissen offen und erlaubt somit die Identifizierung von riskanten Praktiken oder aber von Praktiken, die für den Boden und die Umwelt von Vorteil sind.

Als Eingangsdaten sind zunächst Angaben zu verfahrensunabhängigen Parametern und zum Standort nötig. Es können alternativ die in INDIGO[®] verfügbaren Grundparameter übernommen werden. Dazu gehören:

- Größe und Eigenschaften der Parzellen (z. B. Hangneigung oder Lage zu Oberflächengewässern).
- Bodenansprache: Bodentyp und Bodenart mit den wichtigsten Kennzahlen deutsche Seite; Zur Berechnung einiger Indikatoren müssen außerdem Bodenanalysen eingegeben werden, die sich dann in den einzelnen Parzellen (Schlägen) auf die Berechnung der Nährstoffbilanzen (nach der französischen Regifert-Methode) auswirken.
- Im Datenblatt Parametrisierung („Paramétrage parcellaire“) werden die verwandten Dünger und Düngerformen eingegeben. Außerdem sind Angaben zu Zeitpunkt und Menge der Düngeranwendungen erforderlich.
- Im Bereich Pflanzenschutzmittel wird analog zum Vorgehen beim Dünger verfahren. In beiden Fällen steht in der hinterlegten Datenbank eine große Anzahl von Produkten mit schon fertigen Datensätzen zu den Eigenschaften der Produk-

te zur Verfügung (Energiekennzahlen, Toxizität, Emissionskoeffizienten etc.). Bei Bedarf kann oder muss diese Datenbasis durch neuen Einträge ergänzt werden. Bis jetzt wurden 8 Indikatoren für den Ackerbau erarbeitet. Jeder Indikator bewertet eine bestimmte landwirtschaftliche Maßnahme:

- 1) INDIKATOR KULTURARTENVIELFALT (I_{AS}) frz. Indicateur Assolement
- 2) INDIKATOR KULTURARTENABFOLGE (I_{sc}) frz. Succession Culturelle
- 3) INDIKATOR ORGANISCHEN MASSE (I_{MO}) frz Matière Organique
- 4) INDIKATOR PHOSPHOR (I_p) frz. Phosphore
- 5) INDIKATOR STICKSTOFF (I_N) frz. Azote
- 6) INDIKATOR PFLANZENSCHUTZMITTEL (I_{Phy}) frz. Produits Phytos
- 7) INDIKATOR BEREGNUNG (I_{IRRIG}) frz. Irrigation
- 8) INDIKATOR ENERGIE (I_{EN}) frz. Energie

Als Datengrundlage dienten die Angaben der Praktiker für 2004. Für die Indikatoren Kulturenabfolge (I_{sc}) und organische Masse (I_{mo}) wurden für die Jahre 2001 bis 2004 die jeweils angewendeten Fruchtfolgesysteme für die Parzellen zugrunde gelegt.

4.2 Berechnung der einzelnen INDIGO®-Indikatoren

Alle Indikatoren werden auf Parzellen- und Betriebsebene errechnet, außer dem Indikator „Kulturartenvielfalt“, der nur auf Betriebsebene vorkommt.

Indikator Kulturenabfolge (I_{sc})

I_{sc} berücksichtigt einen Zeitraum von vier Jahren inklusive des Beobachtungsjahres. Dieser Indikator bewertet nicht direkt eine Umweltwirkung wie die anderen Indikatoren, sondern beurteilt die Kulturenabfolge im Hinblick auf das Entstehen möglicher Risiken die umweltbelastendes Handeln zur Folge haben können. Er gründet sich auf drei Effekte oder Wirkungskategorien. Erstens, die Fruchtfolgestellung der aktuellen Kultur, zweitens, die Häufigkeit der Wiederkehr der Kultur in Jahren und drittens, die Diversität der Kulturen über einen Vierjahreszeitraum.

Indikator Kulturartenvielfalt (I_{AS})

Dieser Indikator wird auf Betriebsebene berechnet. Er wird durch den Faktor Vielfalt an einzelnen Kulturen und durch die Größe der Parzellen abgeschätzt, da eine Vielfalt der Kulturen und eine vernünftige Parzellengröße die Aufrechterhaltung der biologischen Diversität begünstigt.

Indikator organische Masse (I_{MO})

Der Indikator „organische Masse“ bewertet den Erhalt der organischen Substanz unter Berücksichtigung der Kulturenabfolge, der Bodenbearbeitung (in Zusammenhang mit der Mineralisierungsrate), und des Umgangs mit Ernrückständen über einen Vierjahreszeitraum in Verbindung mit den Erträgen. Die Einzelwirkungen werden schon in den Berechnungsverfahren zu kumulativen Wirkungen gebündelt und in einem zusammenfassenden Indikator ausgewiesen.

Indikator Phosphor (I_P)

Der Indikator Phosphor vergleicht den Phosphateinsatz mit der empfohlenen Dosis gemäss die *Regifert-Methode* anhand von Bodenanalysen und anhand des Bedarfes der Kulturen. In Fällen, in denen keine Daten vorlagen, wurden Phosphatgehalte aus der Literatur verwendet.

Eventuelle Verluste werden anderen Kategorien zugeordnet (z.B. Gewässerbelastungen der Verfahren), Überschüsse werden als negative Ergebnisse (mit Abzügen von der Note 10) ausgewiesen. Der überschüssige P-Aufwand wird als Verbrauch nicht erneuerbarer Ressourcen quantifiziert.

Indikator Stickstoff (I_N)

Der Indikator arbeitet auf der Basis von drei Modulen, die auf der Berechnung von Verlusten durch NO_3 -Auswaschung, Verluste durch N_2O -Emissionen bzw. Verluste durch NH_3 -Verflüchtigung beruhen

Der Stickstoff-Indikator bewertet den Stickstoffeinsatz anhand der Bilanz, der Auswaschungsgefahren für Nitrat im Frühjahr bis zur Ernte und die Risiken der winterlichen Nitrat-auswaschungsgefahr in getrennten Modulen. Außerdem enthält er ein Modul, das in Abhängigkeit von der Menge der Ausbringungsdosis, der zeitlichen Portionierung, der Düngerform und Düngungsart (breitwürflig ausgebracht, geteilte Düngergabe, eingearbeitet etc.) neben den Nitratrieben die potenziellen Ammoniak- (NH_3) und Lachgasemissionen (N_2O) bewertet. Das INDIGO-Verfahren berücksichtigt außerdem den Zeitpunkt der Saat von Zwischenfrüchten und Untersaaten und gewichtet ihren Beitrag zur Minderung des winterlichen Auswaschungsrisikos. Dabei werden u.a. die tatsächlichen Niederschlagsparameter und die verleibenden Vegetationszeiten berücksichtigt, so dass bei einjähriger Betrachtung eine systembedingte Aussage in Bezug auf das bewertete Verfahren nicht sicher möglich ist.

Indikator Pflanzenschutzmittel (I_{Phy})

Der Indikator Pflanzenschutzmittel berücksichtigt den Pflanzenschutzmittelaufwand (ausgebrachte Wirkstoffmenge), die potenzielle Gefährlichkeit der eingesetzten Mittel bezüglich der Grundwassergefährdung, der Gefährdung von Oberflächengewässern.

Indikator Beregnung (IRRIG)

Der Indikator Beregnung schätzt die Auswirkung der Bewässerungspraktiken auf die Qualität des Grundwassers und auf die Größe des verfügbaren Wasservorrates ab. Je nach Region wird der eine oder andere Aspekt problematischer sein. In allen Fällen basiert der Indikator auf dem Grundsatz, dass die Beregnungsmengen den Bedürfnissen entsprechen müssen, um Verschwendung zu vermeiden und die Risiken von Nitratauswaschung zu vermeiden.

Indikator Energie (I_{EN})

Bei diesem Indikator wird der notwendige Energieaufwand (Annahme des Verbrauchs nicht erneuerbarer, bzw. knapper Ressourcen) als Risiko bewertet. INDIGO liefert dabei Ergebnisse zum Energieaufwand in den Teilgebieten Maschineneinsatz, Bewässerung, Düngung und Pflanzenschutzmittel.

Das Programm berechnet mit den technischen Daten des Betriebs für jeden Indikator eine Note zwischen 0 und 10. Indikator 1 bedeutet sehr hohes Risiko, 7 steht für tolerierbar, und 10 steht für unbedenklich oder nachhaltig.

4.3 Ziele der Arbeit mit INDIGO®

Die Arbeit mit INDIGO im Projekt verfolgt drei Ziele:

- Bewertung der Gesamtheit der Anbaumaßnahmen von Betrieben mit pflugloser Bodenbearbeitung, die im Sommer 2004 befragt wurden. Identifizierung der riskanten Verfahren bzw. Situationen (Bewertung auf der Betriebsebene)
- Vergleich der Effekte verschiedener Verfahren pflugloser Bodenbearbeitung (Bewertung des Anbauverfahrens auf Schlagebene)
- Vergleich der dabei erarbeiteten Ergebnisse mit Ergebnissen von Betrieben, die pflügen.

4.4 Ergebnisse der Arbeit mit INDIGO®

4.4.1 Evaluierung der Betriebe mit pflugloser Bodenbearbeitung

Für die Evaluierung mit INDIGO wurden vier Betriebe ausgewählt. Diese sind repräsentativ für typische Produktionssysteme der Region (Fruchtfolge*Bodentyp).

Unterscheiden sich auch die pfluglosen Verfahren voneinander?

- Zwei davon praktizieren quasi die Direktsaat von Mais auf zwei verschiedenen Bodentypen unter Verwendung von Spezialgeräten.
- Ein dritter Betrieb macht mehr flache Bearbeitung unter Verwendung einer Spezialsämaschine.
- Der letzte arbeitet mit herkömmlichem Gerät.

Die Betriebe werden mit den Nummern 2, 12, 14 und 18 bezeichnet.

Zuerst werden die Ergebnisse der einzelnen Betriebe vorgestellt, zum Schluss folgt eine globalere Analyse.

4.4.2 Darstellung der Ergebnisse der mit INDIGO® realisierten Vergleiche

Die Ergebnisse werden in der Regel auf der Ebene des Betriebes in Form eines 'Radarbildes' dargestellt. Im folgenden werden die Betriebe nach Bodentyp und/oder nach Fruchtfolge gruppiert vorgestellt. Die Darstellung der Ergebnisse für alle Indikatoren entspricht der Evaluierung der Anbauverfahren des Landwirts.

Netzdarstellungen zeigen klar die Stärken und Schwächen der verschiedenen miteinander verglichenen Produktionssysteme. Die Ergebnisse der Evaluierung der befragten Betriebe sind für die Gesamtheit der Indikatoren in den nachfolgenden Abbildungen dargestellt.

BETRIEB N°2

Kurzbeschreibung:

4 Anbausysteme:

- Mais-Winterweizen auf verschlammendem, mehr oder weniger tiefgründigem Lehm: 24 ha (LimBatBH.MG)
 - Mais - Wintererbsen-Winterweizen auf verschlammendem, mehr oder weniger tiefgründigem Lehm: 21 ha (LimBatPH.BH.MG)
 - Mais-Monokultur auf verschlammendem, mehr oder weniger tiefgründigem Lehm: 20 ha (LimBatMono.MG)
 - Mais-Monokultur auf tiefgründigem hellem Ried mit Grundwassereinfluss: 30 ha (ArgRiedBldMonoMG)
- Systematische Bodenbedeckung nach Mais und Weizen.

Kurze Beschreibung der Anbauverfahren

- Erbsen: Direktsaat ohne Mulchen, ohne Grunddüngung und ohne Pflanzenschutzmitteleinsatz.
- Winterweizen: Direktsaat ohne Mulchen, ohne Grunddüngung; nach Erbsen 30 kg/ha geringere N-Düngung; keine Unkrautbekämpfung nach Mais; 1 Unkrautbekämpfungsmaßnahme nach Erbsen.
- Mais: Direktsaat nach eventueller Bodenlockerung, Mulchen der Ernterückstände, bei Monokultur einmal in drei Jahren Kali-Düngung - entfällt bei Fruchtfolge; Aufwandmengen von Mikado und Milagro (je 0,5 l/ha) bei Fruchtfolge um 20-40% reduziert.

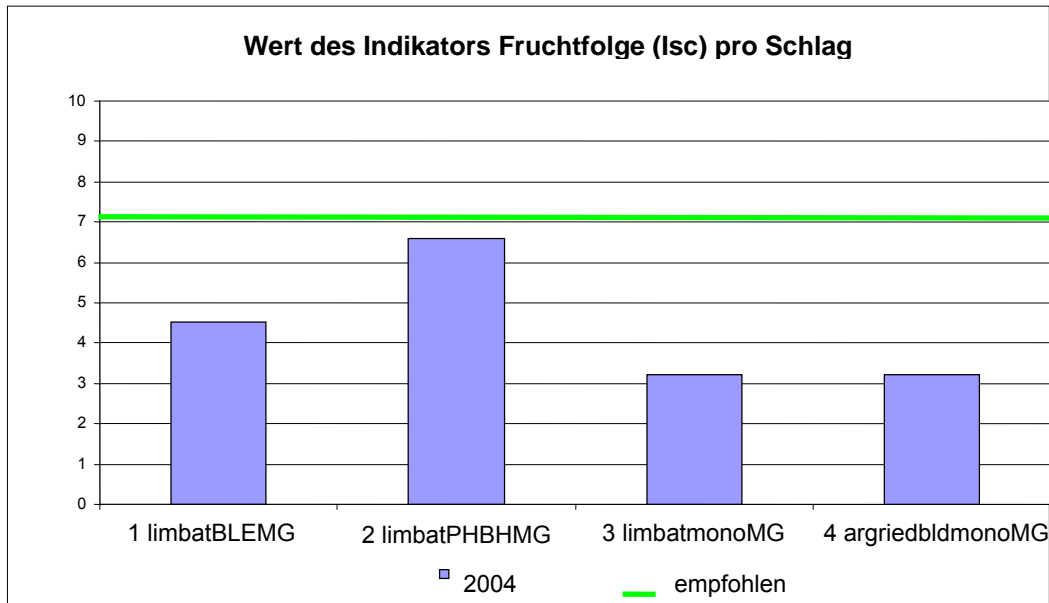


Abb. 17a: INDIGO-Evaluierung von Betrieb 2

Indikator Fruchtfolge

Die Fruchtfolge Mais - Erbsen - Weizen wird gut bewertet (6,7), da sie zahlreiche Vorteile aufweist: Krankheiten, kohärente Stickstoffführung. Am Ende schneidet der Weizen am besten ab (5,1), wegen Erbsenvorfrucht in einer der Fruchtfolgen.

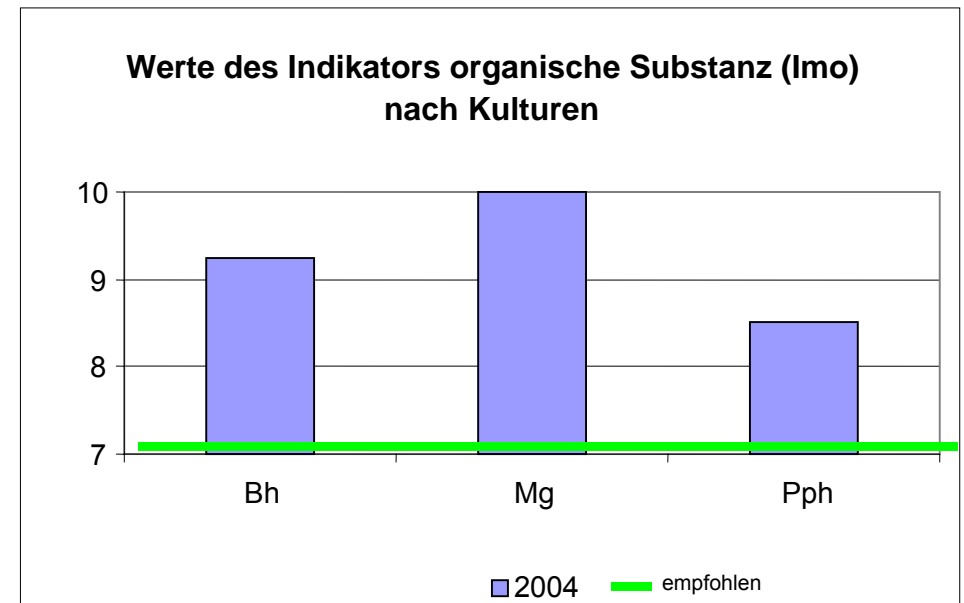


Abb. 17b: INDIGO-Evaluierung von Betrieb 2

Indikator Organische Substanz

Körnermais hinterlässt viele Ernterückstände auf dem Boden. Die Verfahren der pfluglosen Bodenbearbeitung tragen zum Schutz dieser organischen Substanz vor Mineralisierung bei, indem sie sie an der Oberfläche belassen.

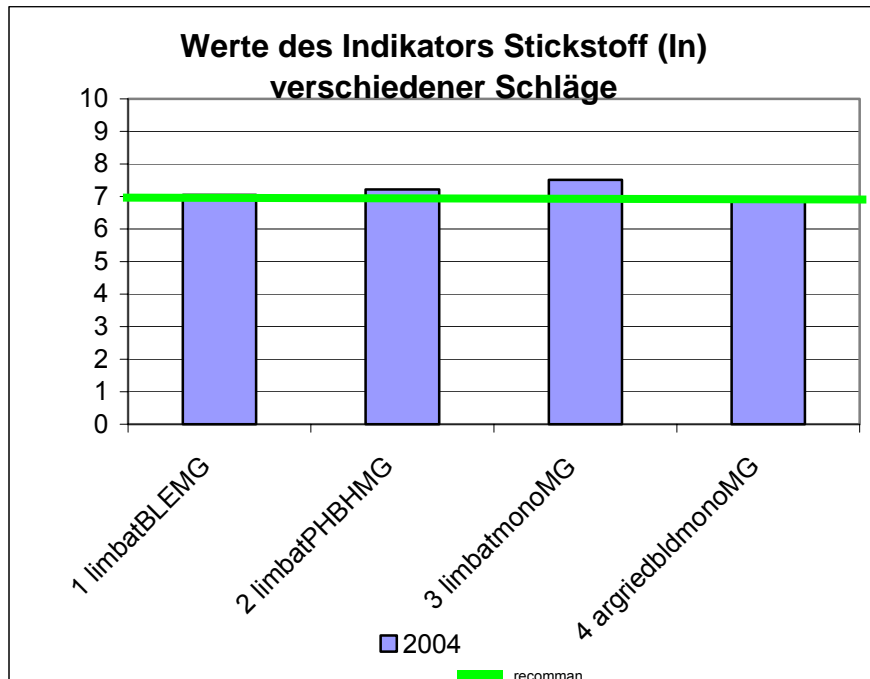


Abb. 17c: INDIGO-Evaluierung von Betrieb 2

Indikator Stickstoff

Die Note ändert sich praktisch nicht, egal welche Fruchtfolge.

Stärken:

- Erbsen, Zwischenfrüchte und Winterungen
- Geringes Auswaschungsrisiko wegen angepasster Düngung und Zwischenfrüchten

Schwachstellen: Lachgasemissionen (N₂O)

- 3 kg N₂O/ha bei Direktsaat (SD) von Weizen in Verbindung mit 180 kg N/ha
- 3 kg N₂O/ha bei hydromorphen Riedböden im Winter im Mais verflüchtigen sich 15 kg/ha Ammonium-Stickstoff, in Erbsen dagegen 0 kg.

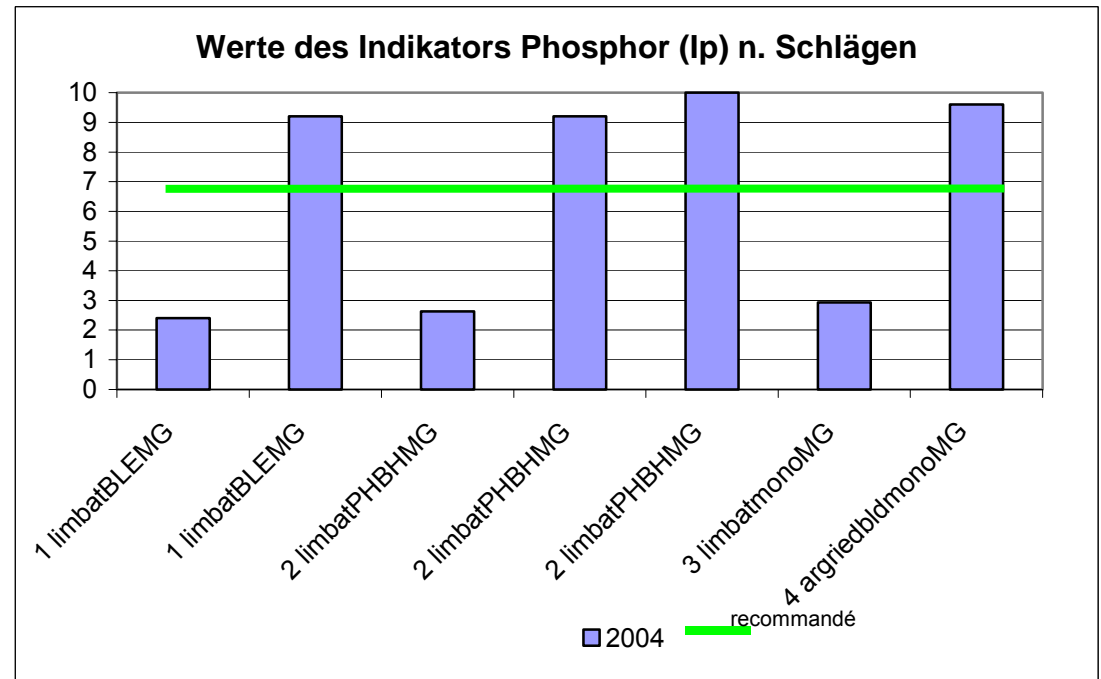


Abb. 17d: INDIGO-Evaluierung von Betrieb 2

Indikator Phosphor

Bei Mais stimmt die Düngung (90 kg P₂O₅/ha).

Das Aussetzen bei Weizen wirkt sich wegen starker Festlegung im Boden nachteilig aus.

Das Modul 'Boden' verliert jährlich 100 kg P₂O₅/ha.

Eine Schaukeldüngung mit 1 Jahr Aussetzen ist möglich bei Mais-Monokultur auf Lehm, die jährlich 90 kg P₂O₅ erhält.

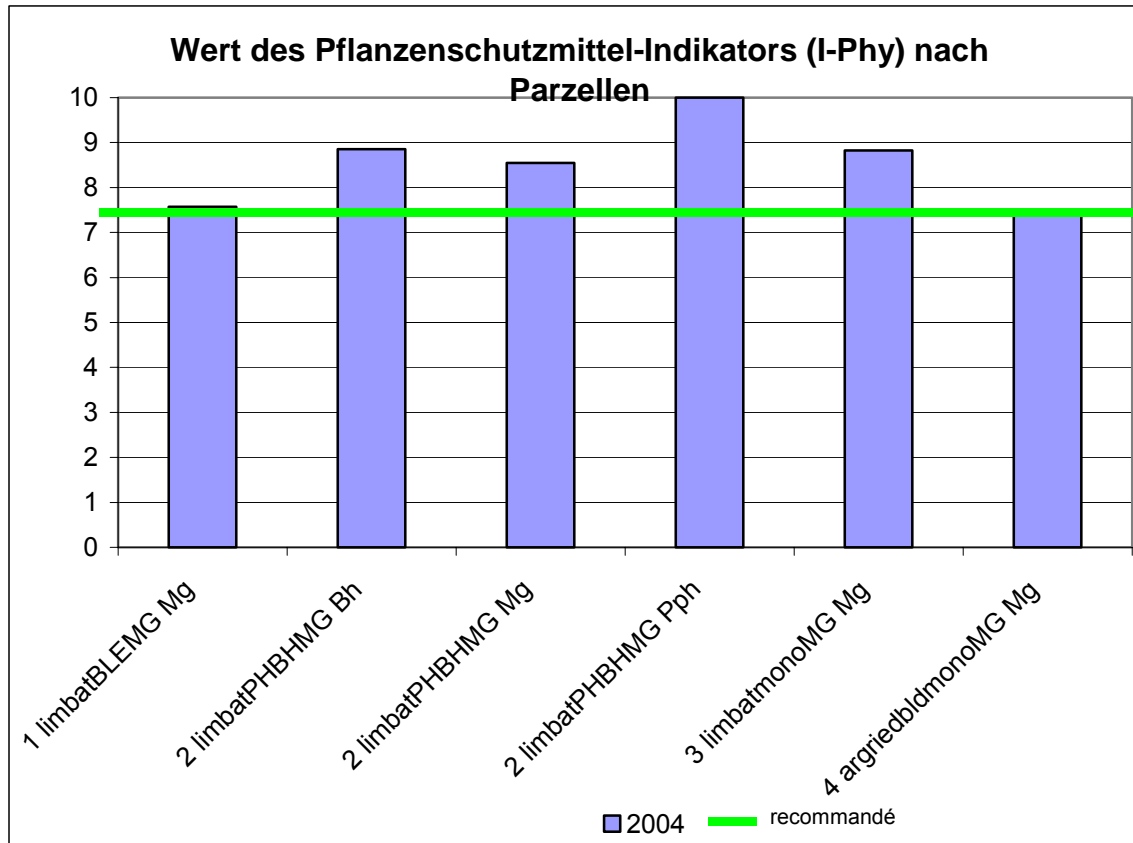


Abb. 17e: INDIGO-Evaluierung von Betrieb 2

Indikator Pflanzenschutzmittel

Die Risiken der angewandten Maßnahmen sind gering. Die Wintererbsen erreichen die Note 10, da sie ohne Pflanzenschutzmaßnahmen auskommen. Bei Mais stellen die durchgeführten Behandlungen kein bewertbares Risiko dar: Mikado-Milagro im Nachauflauf; Glyphosat im April auf entwickelte Zwischenfrucht.

Bei Weizen nur eine Herbizidbehandlung.

Energieverbrauch

Fruchtfo	Maschinen	Dünger	Pflanzsc	Gesamtverbr.	Indikator Energie
MJ/ha					
KM-Er-WW	415	9534	19	9968	6,5
KM-WW	395	5872	13	6280	7,9
MonoKMLeh	1056	11266	47	12369	5,4
MonoKMRie	557	11266	47	11871	5,6

Indikator Energie

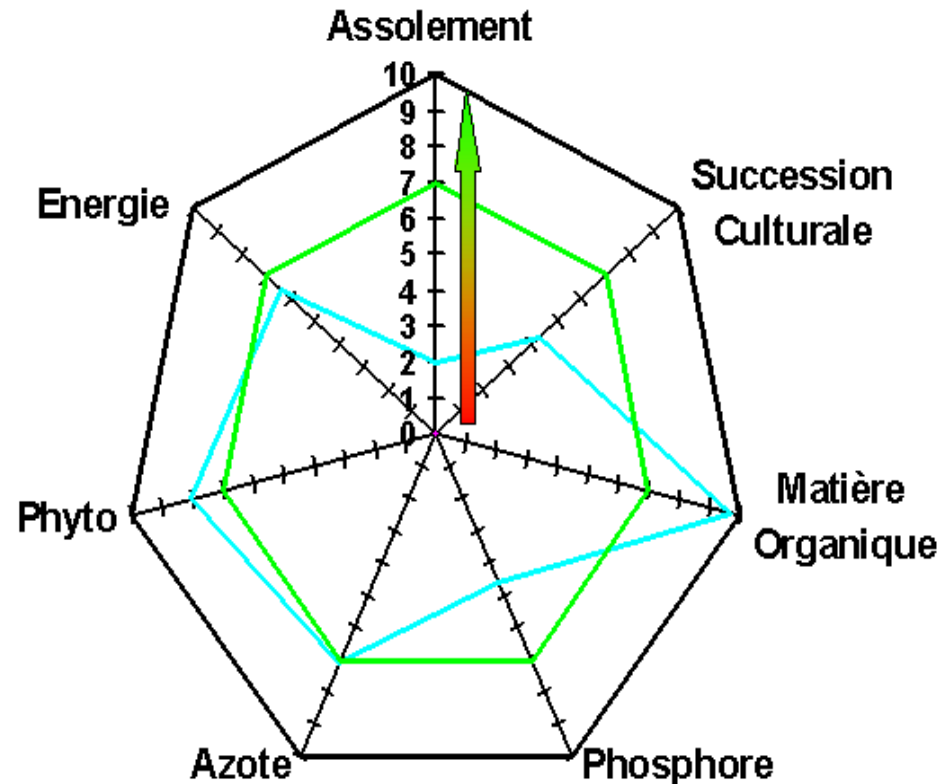
Auf die Dünger entfallen 95 % des Energieaufwands. Da die Erbsen keine Stickstoffdüngung benötigen, wird die Fruchtfolge Mais-Erbsen-Weizen gut bewertet ($I_{En}=7.9$). Beim Maschineneinsatz führt die Bodenlockerung zu einer Verdoppelung des Energieverbrauchs dieses Postens. Der Unterschied zwischen den beiden Monokulturen ist quantifizierbar: Lediglich beim Mais auf Lehmboden wird gelockert.

Abb. 18: STÄRKEN und SCHWÄCHEN des BETRIEBS 2

STÄRKEN
Organ. Substanz:
I-MO= 9,7
 Körnermais u. pfluglos

Pflsch.: I-Phy=8,1
 Keine riskanten
 Maßnahmen

Stickstoff: I-N=7,1
 Positive Wirkung der
 Zwischenfrüchte nach
 Weizen und Erbsen.
 Geringe Auswasch-
 ungsgefahr trotz der
 flachgründigen Böden.
 Lachgasverluste bei
 Weizen in Direktsaat.
 Abgasung bei Stick-
 stoffdüngung zu Mais



SCHWÄCHEN
Fruchtfolge:
I-Sc= 4,3
 70 % Körnermaisanteil in
 der Fruchtfolge

Phosphor:
I-p=4,6
 Aussetzen bei Weizen
 und Überschuss bei
 Maismonokultur auf
 verschlammendem Lehm
 verursachen Abzüge

Energie:
I-en= 6,4
 Die Monokultur benötigt
 doppelt so hohen
 Betriebsmitteleinsatz wie
 die beiden Fruchtfolgen

— 2004 — recommandé — max

BETRIEB N°14

Kurzbeschreibung des Betriebs:

3 Systeme:

- Mais-Monokultur auf mitteltiefem braunem steinigem Ried mit Beregnung: 24 ha Mais-Monokultur auf tiefgründigem schwarzem Ried mit hohem Grundwasserstand, beregnet: 10 ha Mais-Monokultur auf sehr tiefgründigem grauen Ried, im Winter staunass: 3 ha Systematische Bodenbedeckung zwischen Mais

Kurzbeschreibung der Anbaumaßnahmen

Je nach Bodentyp : Saat nach flacher Bodenbearbeitung oder Direktsaat, Startdüngung + Harnstoff (145 - 185 kg N/ha), Callisto + Milagro (je 0,5 l/ha) + Banvel zur Nesterbehandlung (0,4 l/ha) + Hacke. Mechanische oder chemische Abtötung der Zwischenfrucht.

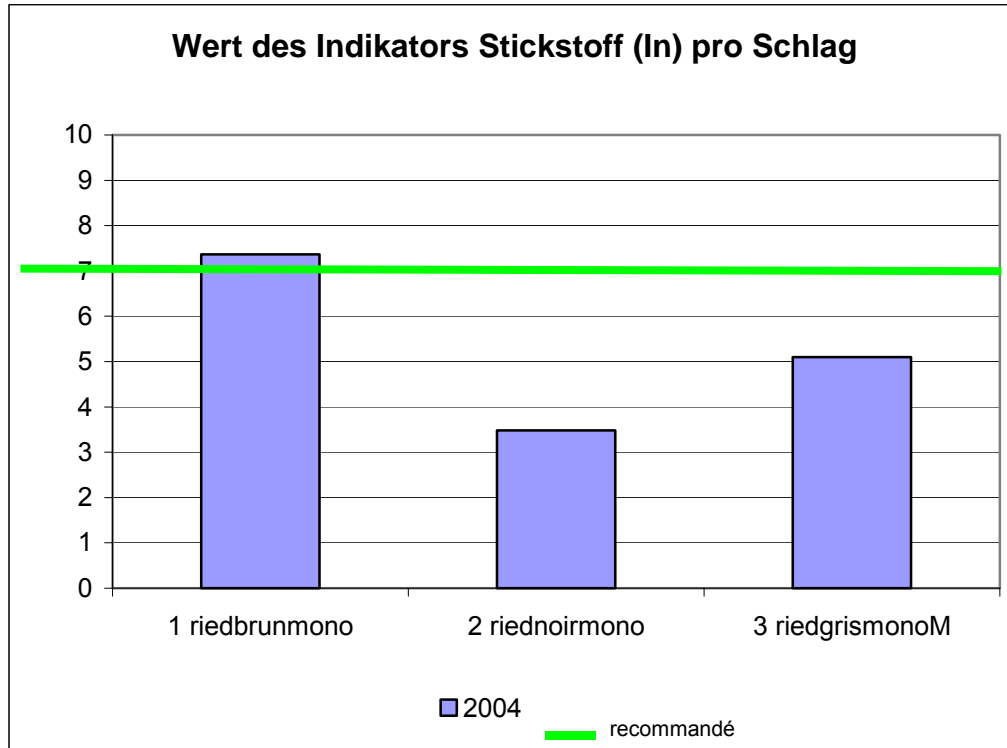


Abb. 19a: INDIGO-Evaluierung von Betrieb 14

Indikator Stickstoff

Etliche positive Maßnahmen: Ansaat von Zwischenfrüchten, Einarbeitung von Harnstoff, Aufteilung von angepasster Düngung; aber überschwemmungsgefährdete Lehm Böden (schwarzes und graues Ried) können N_2O freisetzen (5 kg N_2O/ha), wobei Direktsaat noch verstärkend wirkt.

Die starke Bodenmineralisierung (100 kg N/ha*a) und die Nach-Ernte-Mineralisierung beim schwarzen Ried (30 kg N/ha) erhöhen die Auswaschungsgefahr (19 kg/ha NO_3 -Verlust) trotz Begrünung und angepasster Düngung. Der Indikator Stickstoff bewertet diese Situation mit der Note 3,5.

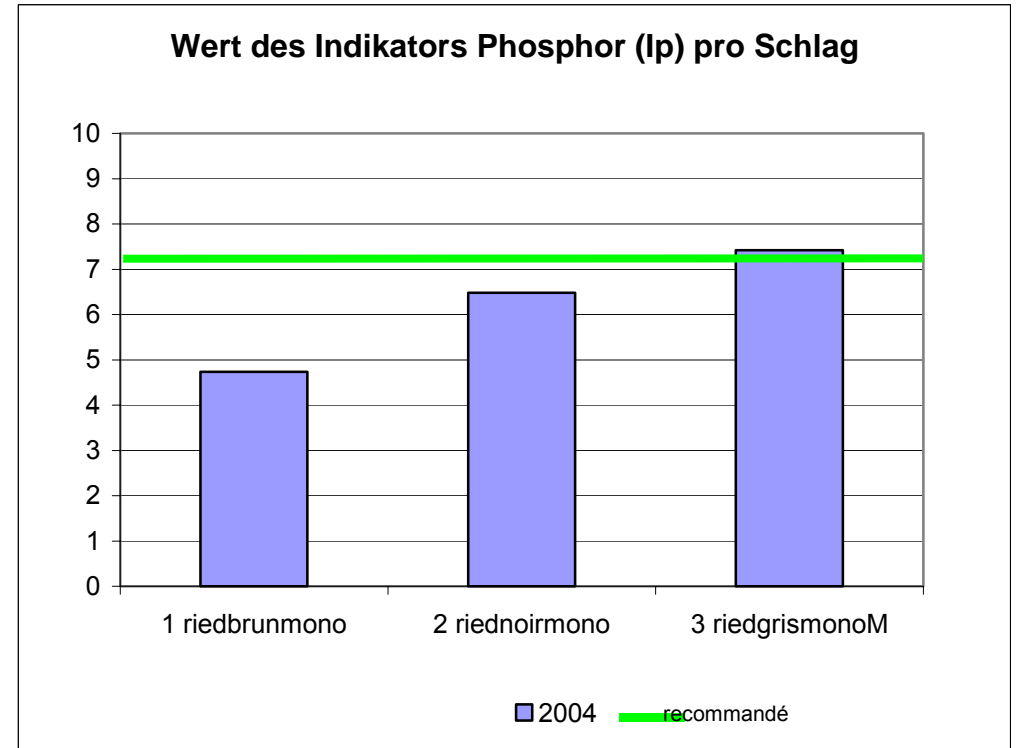


Abb. 19b: INDIGO-Evaluierung von Betrieb 14

Indikator Phosphor

Die Landwirte düngen Phosphor jedes Jahr. Die Düngung liegt jedoch bei den beiden ersten Bodentypen unter der Empfehlung (- 25 bis - 50 kg/ha). Das Modul «Boden» verarmt deshalb schließlich um 35 bis 53 kg/ha P_2O_5 .

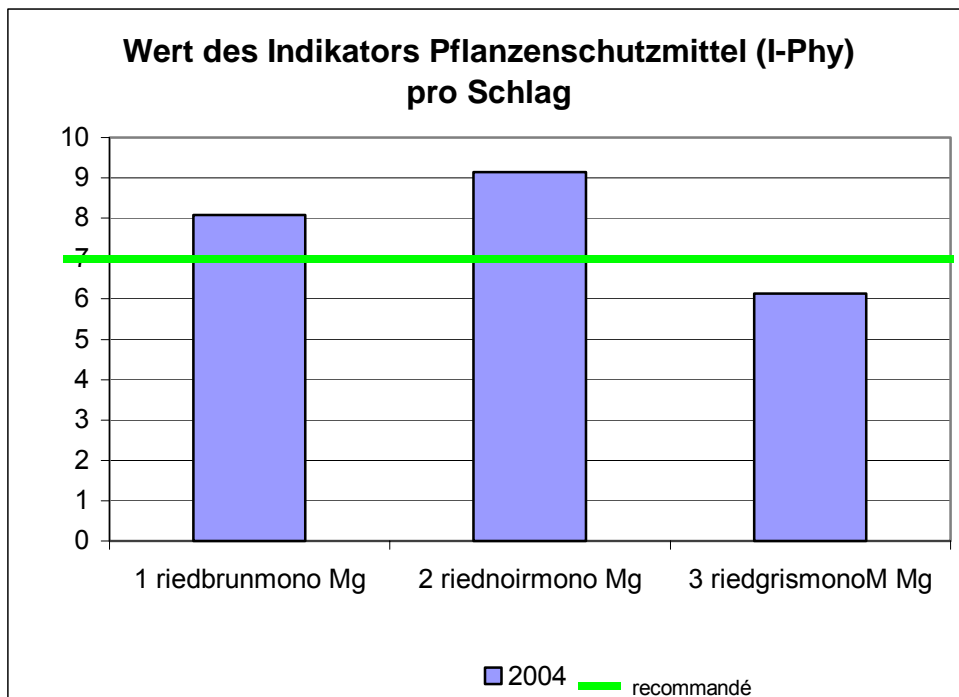


Abb. 19c: INDIGO-Evaluierung von Betrieb 14

Indikator Pflanzenschutzmittel

Die Note 8,2 bei I-Phy ist gut und kennzeichnet integrierten Pflanzenschutz.

Bei grauem Ried weist Indigo auf die Abtriftgefahr von Wirkstoffen (insbesondere Dicamba) in den Rhein hin sowie auf die Risiken bestimmter Wirkstoffe: Glyphosat wegen der Aufwandmenge (Image von Glyphosat) und Dicamba (Banvel) wegen erhöhter Auswaschungsgefahr ins Grundwasser auf flachgründigen Böden.

Energieverbrauch

Schlag	Maschinen	Beregn.	Dünger	Pfl.schutz	Verbrauch gesamt	Indikator Energie (Ien)
	MJ/ha					
braunes Ried	951	3147	10687	70	14855	4,4
schwarzes Ried	639	1744	8908	73	11364	5,9
graues Ried	803	0	8269	73	9145	6,9

Indikator Energie

Die Düngemittel haben bei weitem den größten Anteil am Energieinput in den Betrieben. Den nächstgrößten Posten macht die Beregnung aus: Obwohl nur eine (braunes Ried) oder zwei (schwarzes Ried) Gaben verabreicht werden, führt das zu einem hohen Dieselverbrauch.

Was den Maschineneinsatz angeht, so weist der Betrieb den höchsten Verbrauch mit 9 l/ha bei Schlägen mit Saat nach flacher Bodenbearbeitung auf. Bei Getreidesaat mit einer Spezialmaschine (Direktsaat) sinkt der Verbrauch auf 4 l/ha.

STÄRKEN

Organische

Substanz:

I-MO= 10

Mais-Monokultur
ohne Pflug

Beregnng.: lirr=10

Keine Luxus-
Beregnung

Pfl.sch.: I-Phy=8,2

- 6,1: b. grauem Ried

Abtriftgefahr;

Glyphosat-Dosis,

Dicamba-Effekt

(Banvel)

- Auswaschung von

Milagro auf

braunem Ried

Stickst I-N=6,5

N₂O b. schwer. B.+

Direktsaat .

NO₃-Auswasch. - b.

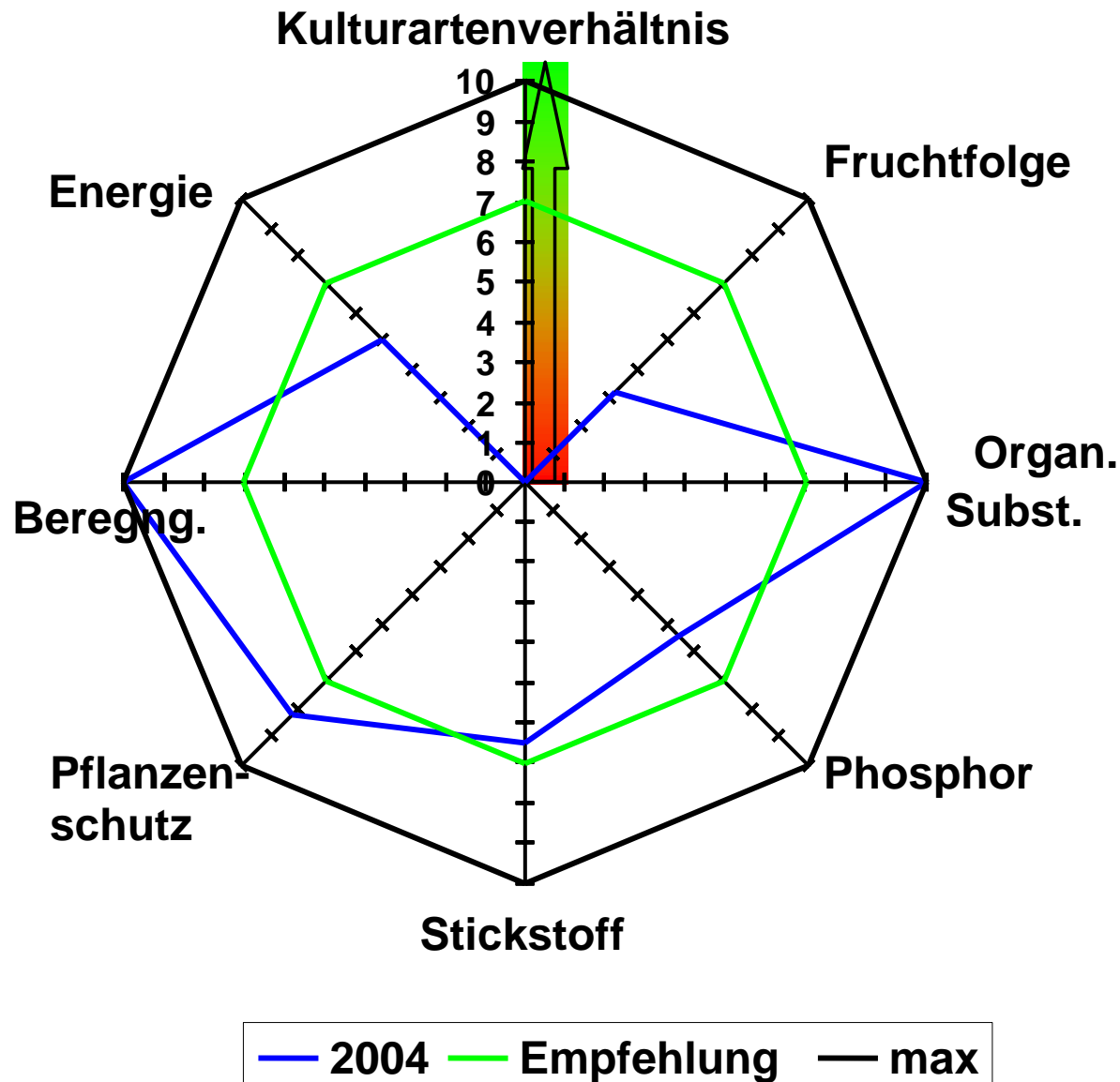
Schwarz. Ried trotz

Begrünung und gut

bemessen. Düngung,

starke Mineralisierg.

Abb. 20: Stärken und Schwächen von Betrieb 14



SCHWÄCHEN

Fruchtfolge

I-Sc= 3,2

Monokultur von
Körnermais

Phosphor :

I-p=5,4

Düngung geringer
als empfohlen

Energie : I-e= 5

90 mm Beregnung

entspricht 1/3 des

Verbrauchs der

angepassten Düngung

(I=4,4).

geringer Verbrauch

für Maschinen: 5-8 l/ha

BETRIEB N°18

Kurzbeschreibung des Betriebs:

3 Anbauverfahren:

- Mais-Weizen auf mehr oder weniger verschlämmungsträchtigen Lehmböden in Hanglage: 30 ha (plaineCoBléOh)
- 3* Mais-Weizen auf mehr oder weniger verschlämmungsträchtigen Lehmböden in Plateaulage: 40 ha (plat3maïsblé)
- Raps-Weizen-Wintergerste auf flachgründigen Illsanden: 30 ha (pentemaïsblé)

Systematische Begrünung zwischen Weizen und Mais

Kurzbeschreibung der Anbauverfahren

- Raps: Scheibenegge mit Direktsaat in Kombination, 200 kg N/ha, Grunddüngung, Bodenherbizide im Vorsaatverfahren
- Weizen: Scheibenegge – Direktsaat mit Scheibensämaschine, systematische Grunddüngung, 150-170 kg N/ha
- Mais: Ernterückstände gemulcht, Spatenrollegge (2-3 Mal), systematische Grunddüngung, 150-170 kg N/ha aufgeteilt, Callisto + Milagro (je 0,85 l/ha) auf ein Mal, Nesterbehandlung mit Banvel und Hacke

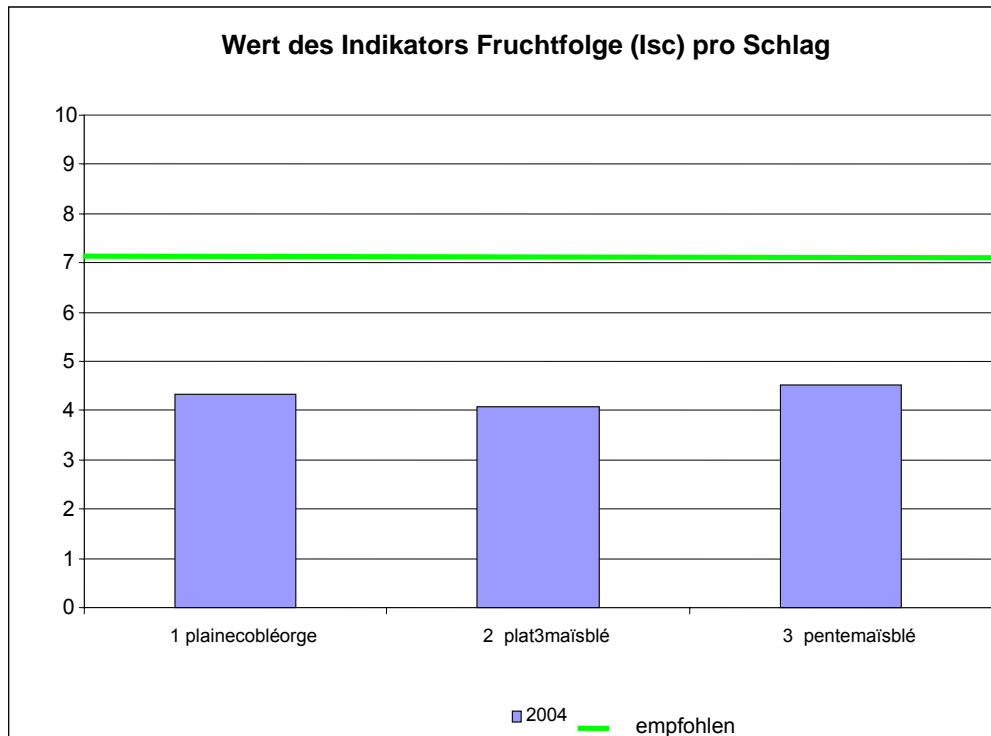


Abb. 21a: INDIGO-Evaluierung von Betrieb 18

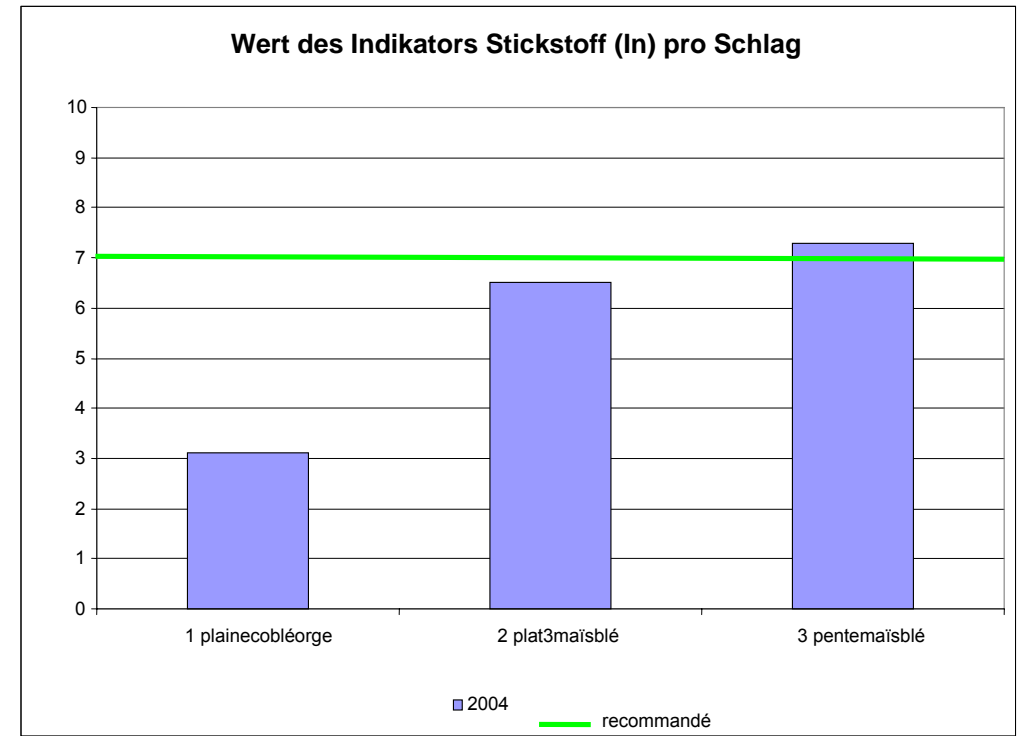


Abb. 21b: INDIGO-Evaluierung von Betrieb 18

Indikator Fruchtfolge

Die Fruchtfolge «Illebene» Raps-Weizen-Gerste wird genauso schlecht bewertet wie die Fruchtfolge Körnermais-Weizen mit Zwischenfrucht. Die erste, weil sie nur Winterungen, darunter 2 Mal Getreide enthält, was zu einer Anfälligkeit für Krankheiten und Verunkrautung führen kann. Die zweite hat immerhin positive Aspekte bezüglich Verunkrautung und Stickstoffmanagement im Vergleich zu einer Mais-Monokultur.

Indikator Stickstoff

Indigo weist auf ein gewisses Ungleichgewicht der Stickstoffdüngung in der Ebene in Bezug auf die tatsächlich erzielten Erträge hin: 50 kg N/ha Überschuss bei Weizen und 30 kg N/ha Überschuss bei Raps, welche auf diesen sehr flachgründigen Böden trotz Aussaat einer Winterung zu 60% ausgewaschen werden können. Die Stickstoffbilanzen nach der Ernte sind deshalb alle bei weitem positiv (+ 20 bis + 45 kg N/ha). Die Verlustrisiken durch Abgasung oder Lachgasbildung sind gering.

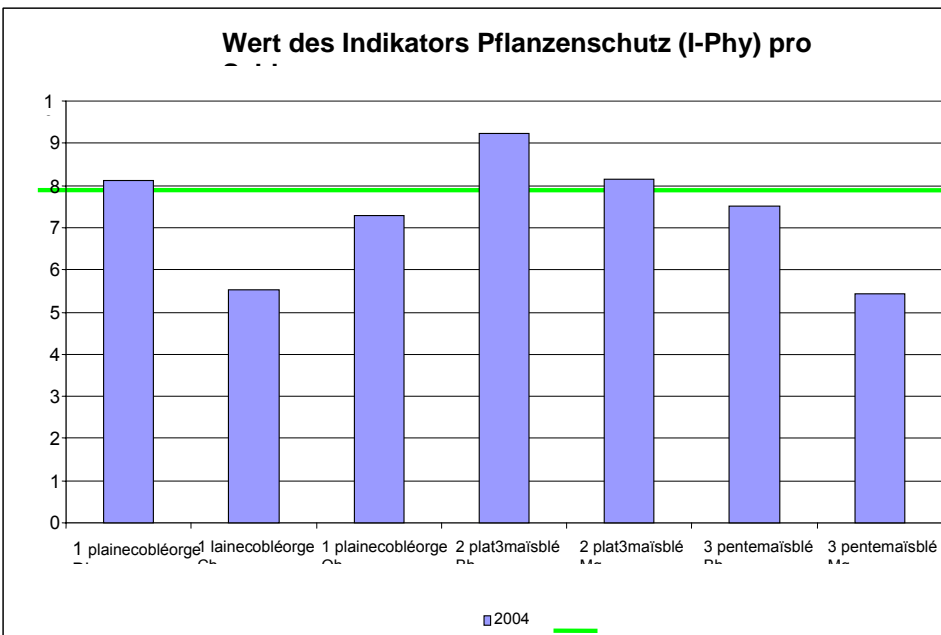


Abb. 21c: INDIGO-Evaluierung von Betrieb 18

Indikator Pflanzenschutzmittel

Die Note für I-phy ist gut: I-Phy =7,2.

Sie widerspiegelt die integrierten Maßnahmen in Mais und Getreide. Die Anwendung von Dicamba (Banvel) auf flachgründigen Böden in Mais wird jedoch mit der Note 5,8 bestraft.

Auf kiesigen, flachgründigen Böden stellt die Anwendung von «Colzor trio» (insbes. das darin enthaltene Dimetachlor) eine Gefahr für die Umwelt dar.

Energieverbrauch

Parzelle	Maschinen	Dünger	Pfl.sch.	Verbrauch gesamt	Indikator Energie (Ien)
MJ/ha					
Ra-wW-G	683	4852	411	5946	8,2
3*KM-WW	1104	10384	135	11623	5,8
KM-WW	910	10660	264	11834	5,7

Indikator Energie

Der Mais erfordert mehr Bodenbearbeitungsgänge als die anderen Kulturen des Betriebs. Beim Energieverbrauch liegt Raps auf der Höhe von Weizen (1100 MJ/ha), da die Aussaat von Raps, im Gegensatz zu Getreide, mit einem zapfwellenge-triebenen Gerät erfolgt.

Die Fruchtfolge Mais-Weizen benötigt doppelt so viel Dünger wie die Fruchtfolge Raps-Weizen-Gerste (auf schwächeren Standorten geprüft) aber weniger Pflanzenschutzmittel als die Weizen-Mais-Fruchtfolge (Note 5,7).

STÄRKEN

Organische Substanz:

I-MO= 9,9

pfluglose Bearbeitung;
50% Körnermais; 100%
Stroheinarbeitung

Pfl.schutz: I-Phy=7,2

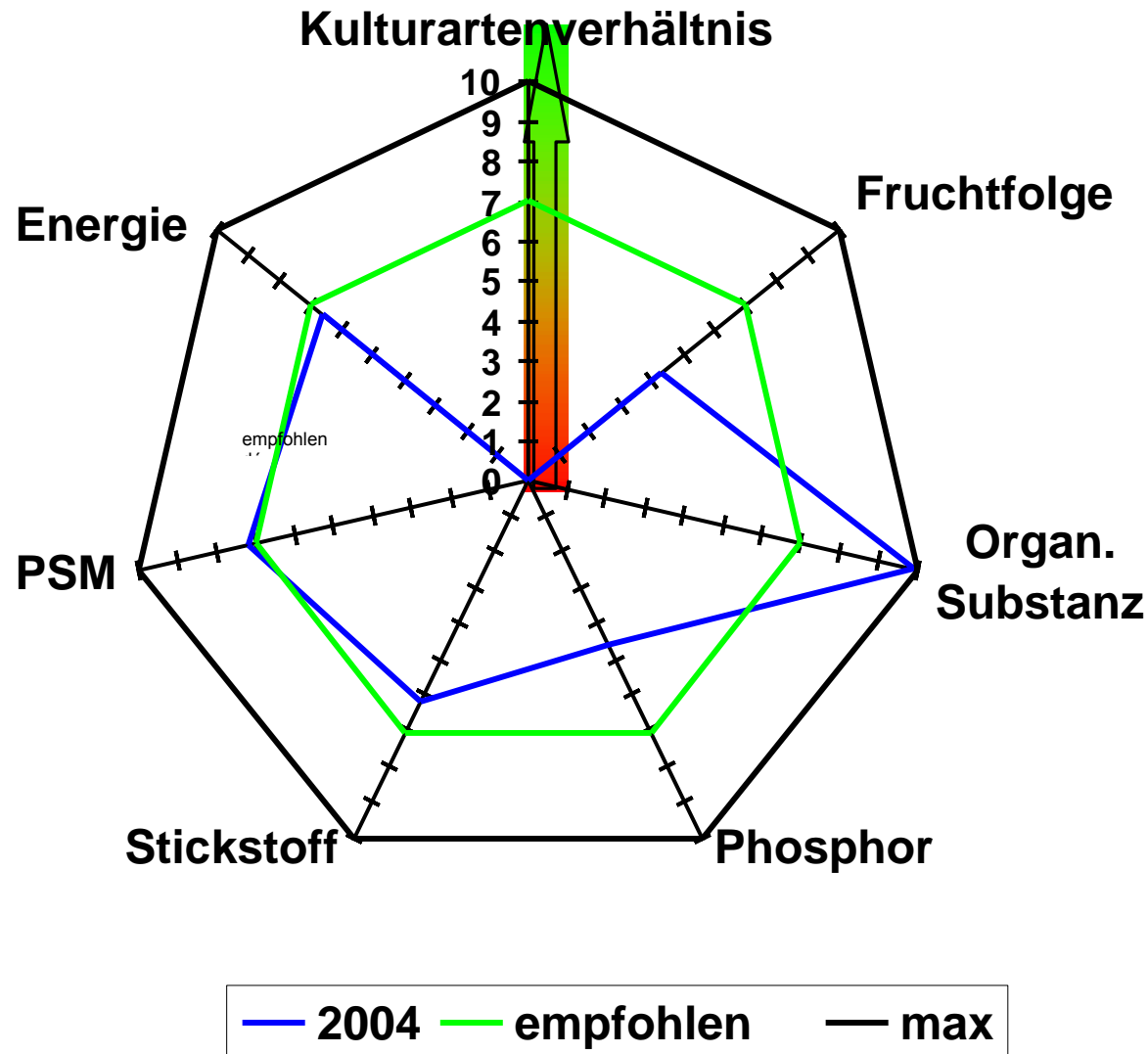
Risiken: Dicamba
(Banvel) auf flachgrün-
digen verschlämmenden
Lehmen in Hanglage;
Glyphosat-Dosis;
Wirkstoffe in Raps-
tumsregler, Isoproturon)

(colzor trio, Wachs-

Stickstoff: I-N=6,2

Auswaschungsgefahr in
der Ebene trotz kurzem
Zeitabstand zwischen
Kulturen, zu hohe
Düngung bei Weizen.

Abb. 22: Stärken und Schwächen von Betrieb 18



SCHWÄCHEN

Fruchtfolge:

I-Sc= 4,3

50% Körnermaisanteil in
der Fruchtfolge;
Fruchtfolge für die Ebene
mit mittlerer Note

Phosphor:

I-p=4,6

In einem von 2 Jahren
sollte die Düngung zur
Mais-Weizen-Frucht-
folge ausgesetzt werden

Energie: I-e= 6,6

Die Fruchtfolgen Mais-
Weizen verbrauchen
doppelt so viel Dünger
und 1,5 Mal mehr
Maschineneinsatz: 3
Arbeitsgänge Spaten-
rollegge gegenüber 1 Mal
Scheibenegge in der
Ebene.
Die zu hohen Dünger-
gaben belasten die
Indikatoren I_n, I_p, I_e.

BETRIEB N°12

Kurzbeschreibung des Betriebs:

3 Anbausysteme:

- 3*Mais-Zuckerrüben auf flachgründigen, kalkhaltigen, sandig-lehmigen Riedböden: 52 ha
- Mais-Monokultur auf mehr oder weniger verschlammungsanfälligen Lehmböden in Plateaulage: 20 ha
- Mais-Monokultur auf flachgründigen, kalkhaltigen und kiesigen Riedböden: 20 ha

Keinerlei Bodenbedeckung über Winter.

Kurzbeschreibung der Anbauverfahren

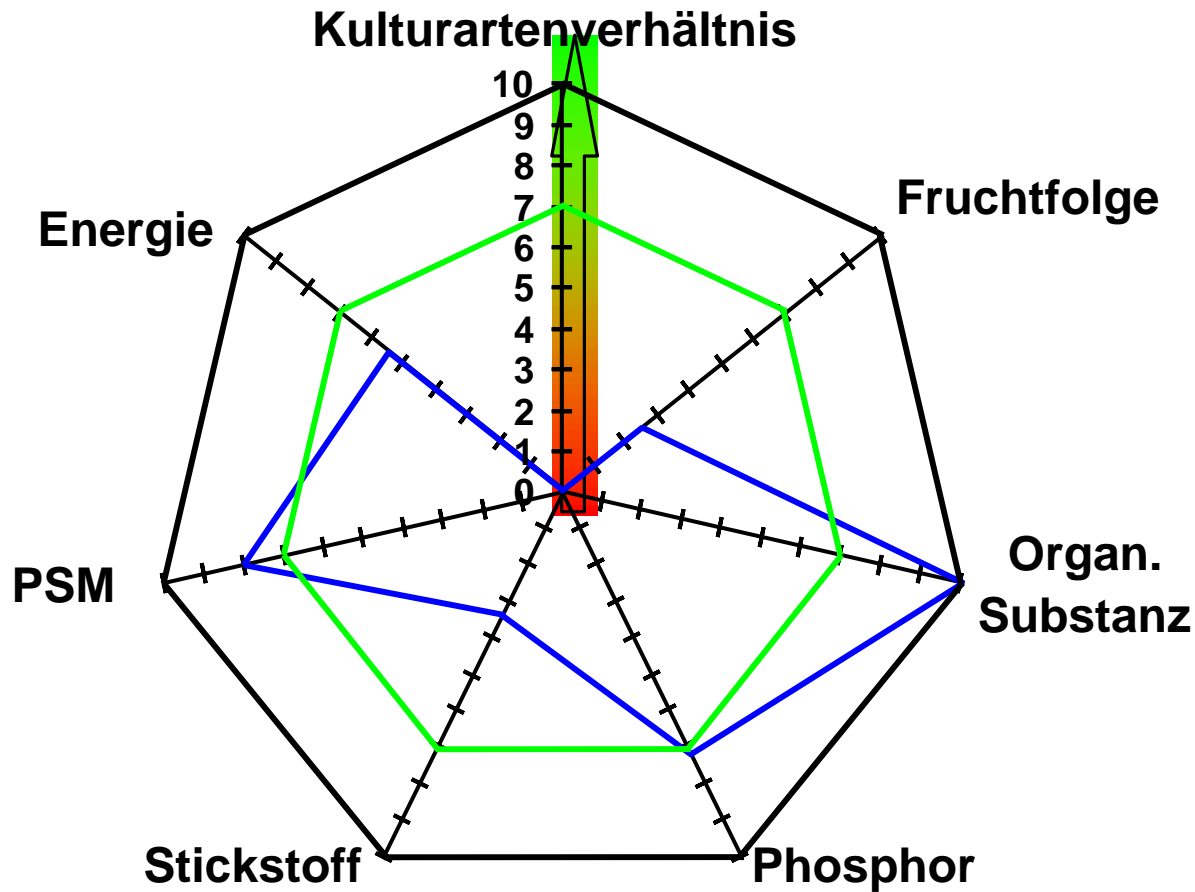
- Zuckerrüben: 2 Arbeitsgänge mit Smaragd – Federzahnegge, N-P-K, 4 Pflanzenschutzmittelbehandlungen mit Tankmischungen
- Mais: Strohmulchen - 2 Arbeitsgänge mit Smaragd– Federzahnegge, nach Zuckerrüben mit Lockerung, Startdüngung + Stickstoffdüngung mit Kalkammonsalpeter in 1 Gabe, jährliche PK-Düngung (20 kg/ha weniger N und K auf Kiesböden), Unkrautbekämpfung im Nachauflauf mit Mikado (0,4 l/ha) - Milagro (0,7 l/ha) – Starane (0,2 l/ha) in 1 Arbeitsgang.

Abb. 23: Stärken und Schwächen von Betrieb 12

STÄRKEN
Organische Subst.:
I-MO= 10
 Körnermais und pfluglose Bodenbearbeitung

Pfl.sch.: I-Phy=8,0
 8,7 für Mais und 3,8 bei Zuckerrüben. Kritische Beurteilung wegen riskanter Mittel in zu hoher Aufwandmenge auf gering entwickelte Kultur

Phosphor:
I-p=7,2
 Angepasste Düngung; bei sL gelegentlich aussetzen.



SCHWÄCHEN
Fruchtfolge:
I-Sc= 2,5
 Fruchtfolge KM-ZR sehr schlecht benotet
 Stickstoff: **I-N=3,4**
 Beträchtliche Auswaschung (50 kg N/ha); dazu hohe Stickstoffdüngung und fehlende Zwischenfrüchte

Energie: I-e= 5,5
 Düngung und Pflanzenschutzmittel bei Zuckerrüben

— 2004 — empfohlen — max

Zusätzlich zu den Analysen ganzer Betriebe sind im Projekt einzelne pfluglose Anbausysteme aus der Regionalen Praxis untersucht worden:

STÄRKEN

Organische Substanz:

I-MO= 10

Körnermais u. pfluglos

Pfl.schutz: I-Phy=7,5

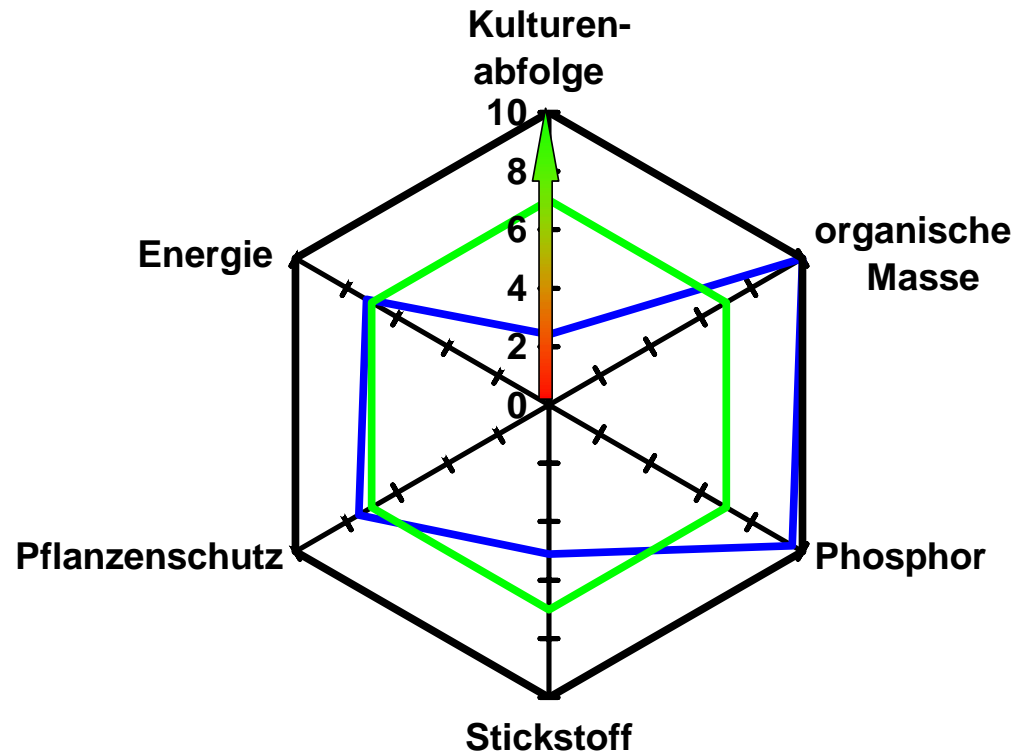
Keine riskanten Maßnahmen,
Umweltverträgliche Mittel
(Callisto, Milagro)

Phosphat: I-P=9,6

Bedarfsgerechte Phosphor-
versorgung zur Saat

Energie: I-E=7,2

Moderater Energiebedarf für
Maschineneinsatz und
Stickstoffdüngung, niedrig bei
Pflanzenschutzmitteln



SCHWÄCHEN

Stickstoff: I-N=5,1

Fruchtfolge: I-Sc=2,4

100 % Körnermaisanteil in der
Fruchtfolge wird von INDIGO
mit 2,4 bewertet.

— Monomais Mulchsaat — empfohlen — max

Vollständiges Anbausystem siehe Kap. 3.3.3, Betrieb 23

STÄRKEN

Organische Substanz:

I-MO= 8,4

Gute C-Versorgung durch eingearbeitete Zwischenfrüchte

Pfl.schutz:

I-Phy=8,7

Leichte Abwertung durch erhöhte Dosis Folikur trotz 30% Bodenbedeckung

Fruchtfolge:

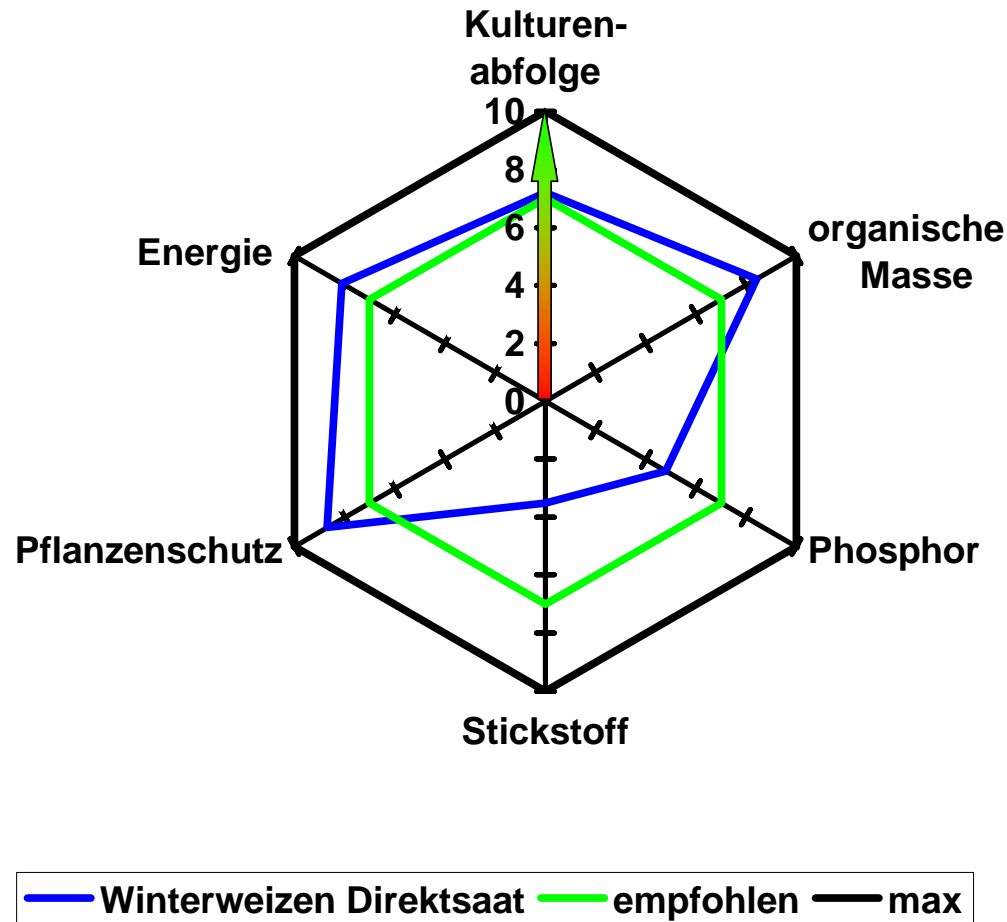
I-Sc=7,2

Fruchtfolgeglied Weizen wird von INDIGO mit 7,2 berechnet, die Gesamtfuchtfolge wird allerdings nur mit 4,2 bewertet

Energie:

I-E=8,1

Durch Direktsaat geringer Energiebedarf für Maschinen, moderat für Dünger und Pflanzenschutz



SCHWÄCHEN

Stickstoff:

I-N=3,5

Dieses Ergebnis beruht eventuell auf Probleme bei der Parametrisierung von INDIGO. Bei Weizen in Direktsaat sind außerdem Lachgasverluste möglich.

Witterungsbedingter

Abschlag:

Hydraulische Wasserbilanz im Frühjahr (bilan hydrique printemps) = 90 mm.

Dadurch besteht eine hohe Auswaschungsgefahr nach der Düngung

Phosphat: I-P=4,8

Düngung geringer als empfohlen

STÄRKEN

Organische Substanz:

I-MO= 10

Sehr gute Versorgung

Pfl.schutz:

I-Phy=8,8

Gute Bewertung durch sparsamen Einsatz von Argil, kein Halmverkürzer

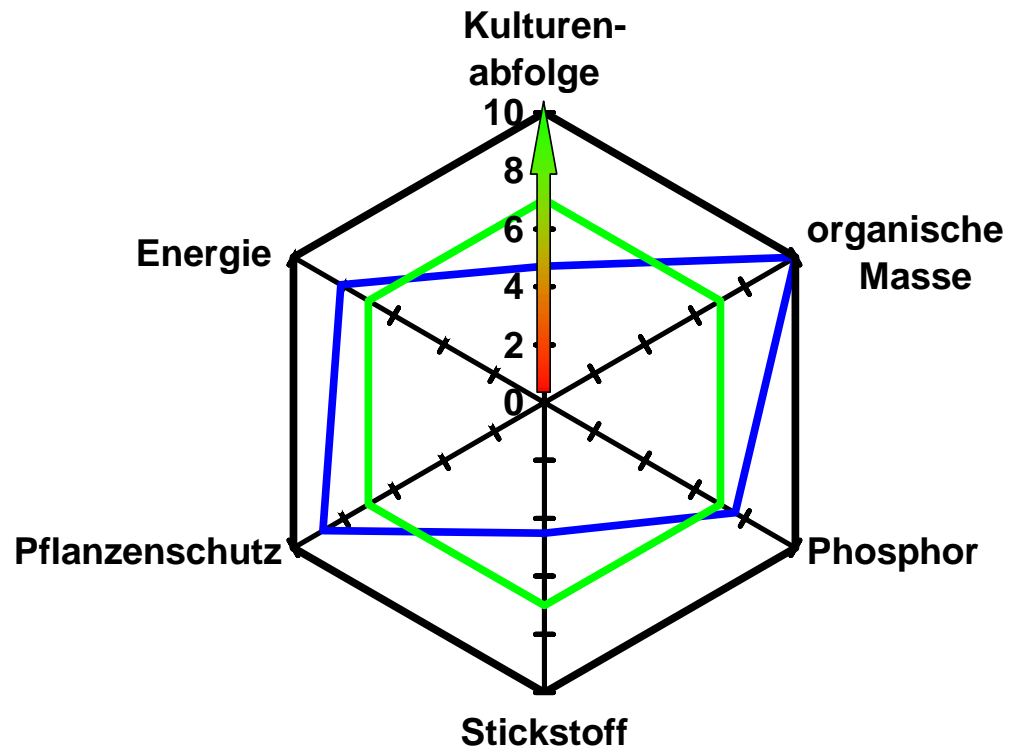
Phosphat:

I-P=7,6

Energie:

I-E=8,1

Geringer Energiebedarf für Maschinen und Pflanzenschutz



SCHWÄCHEN

Stickstoff:

I-N=4,5

Lachgasverluste bei Weizen

Fruchtfolge:

I-Sc=4,7

Der Wert für das Fruchtfolgeglied Weizen wird von INDIGO mit 4,7 berechnet, die Gesamtf Fruchtfolge wird mit 7,8 bewertet

— Winterweizen nach Raps, Mulchsaat — empfohlen — max

STÄRKEN

Pfl.schutz:

I-Phy=9,3

Erbsen werden ohne chem. Pflanzenschutz angebaut

Fruchtfolge:

I-Sc=7,5

Hoher Bedeckungsgrad durch konsequenten Zwischenfruchtanbau (Phacelia), gute Ausnutzung der Vorfruchtwirkungen

Phosphat:

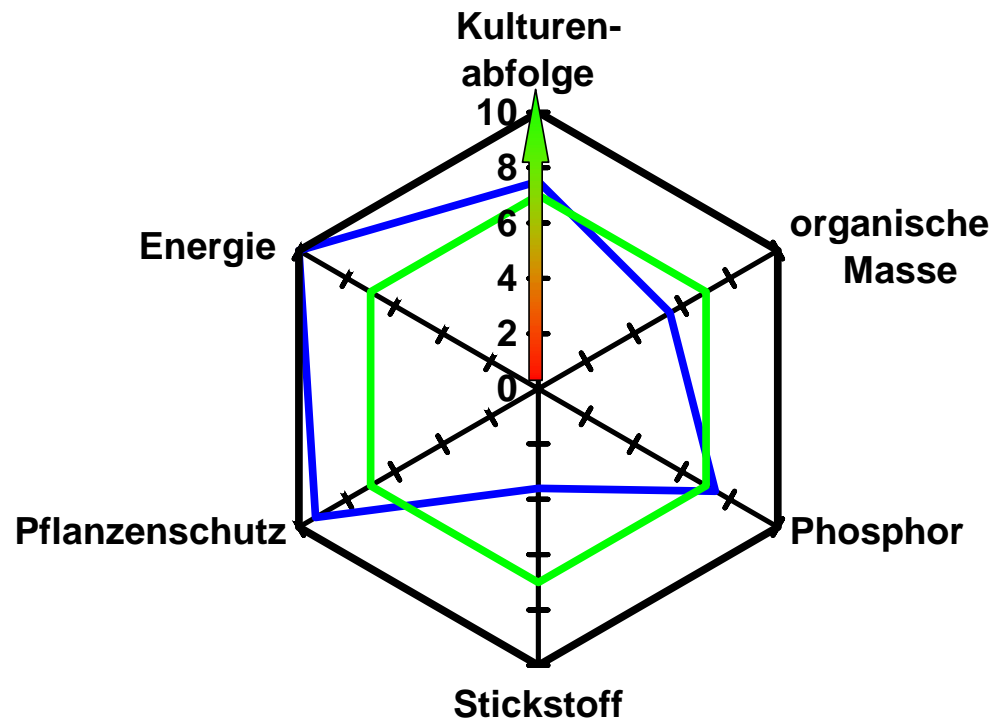
I-P=

Bedarfsgerechte Versorgung

Energie:

I-E=10

Sehr extensiver Anbau, keine mineralische Düngung, kein chem. Pflanzenschutz. Geringster Energiebedarf der untersuchten Anbausysteme



— Erbse nach Winterweizen, Mulchsaat — empfohlen — max

Vollständiges Anbausystem siehe Kap. 3.3.3, Betrieb 33

SCHWÄCHEN

Organische Substanz:

I-MO= 5,5

Trotz regelmäßigem Zwischenfruchtanbau gibt INDIGO einen Abbau der organischen Masse an

Stickstoff:

I-N=3,6

Erbsen werden ohne Stickstoffdüngung angebaut. INDIGO rechnet mit Ausgasungsverlusten von 3 kg/ha N₂O-N

STÄRKEN

Fruchtfolge:

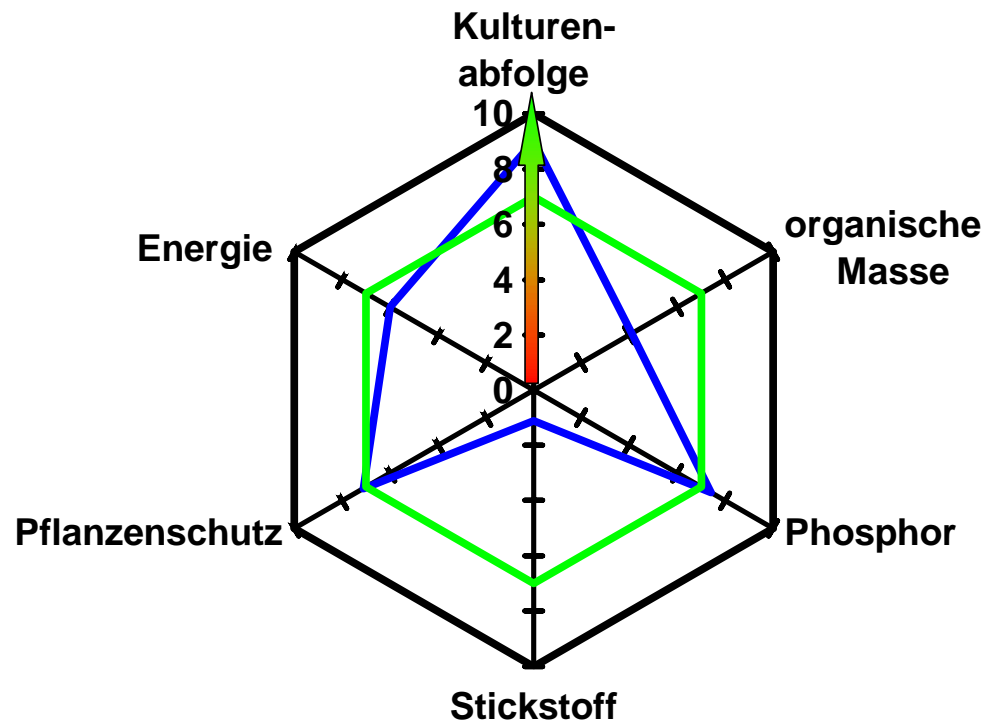
I-Sc=9,0

Gute Ausnutzung positiver Vorfruchtwirkungen

Phosphat:

I-P=7,4

ausreichende, bedarfsgerechte Versorgung



— Raps nach Wintergerste, Mulchsaat — empfohlen — max

SCHWÄCHEN

Organische Substanz:

I-MO= 4,1

Abbau der organischen Masse

Energie:

I-E=6

Hoher Energieaufwand durch häufiges Befahren und Stickstoffverluste (s.u.)

Stickstoff:

I-N=1,1

Dieses Ergebnis beruht eventuell auf Probleme bei der Parametrisierung von INDIGO.

Witterungsbedingter

Abschlag:

Hydraulische Wasserbilanz im Frühjahr (bilan hydrique printemps) = 90 mm.

Dadurch besteht eine hohe Auswaschungsgefahr nach der Düngung

Vollständiges Anbausystem siehe Kap. 3.3.3, Betrieb 28

STÄRKEN

Pfl.schutz:

I-Phy=8,3

Ein Sparsamer Einsatz von Folikur wird auch bei Fehlender Bodenbedeckung von INDIGO positiv bewertet. Einsparung durch bodenhygienisierende Kompostgaben

Organische Substanz:

I-MO= 10

Guter Humusaufbau durch regelmäßige Kompostgabe

Energie:

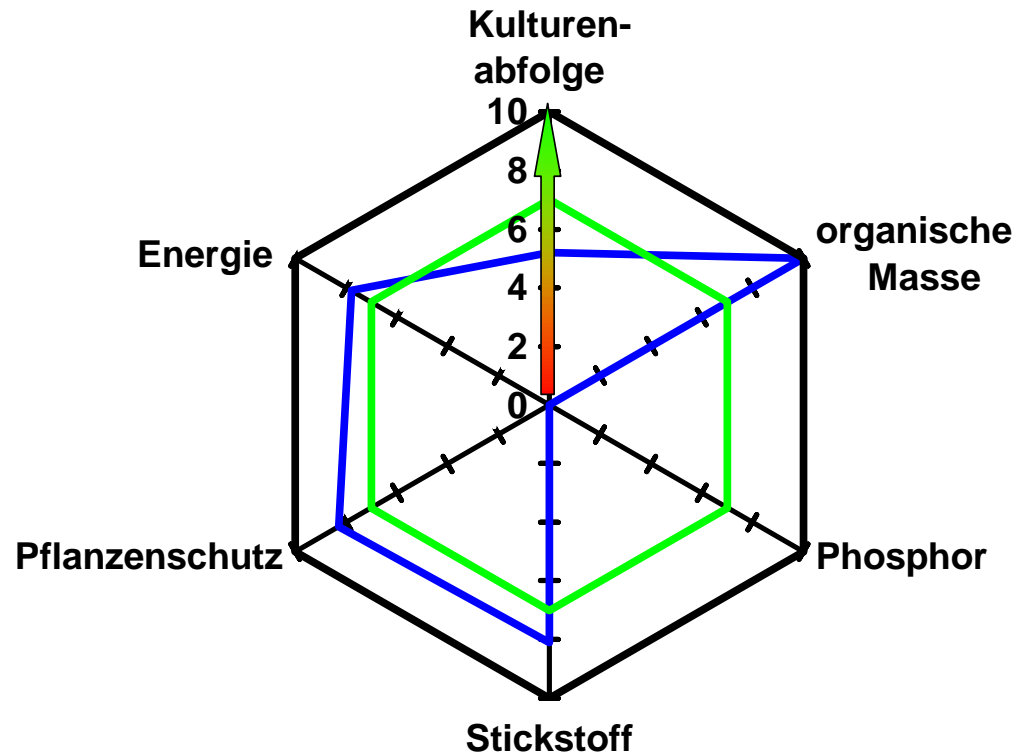
I-E=7,8

In allen Bereichen moderater Energieeinsatz

Stickstoff:

I-N=8,1

Geringe Auswaschungsgefahr durch gestaffelte Düngergaben



— ww mulchsaat 4 — empfohlen — max

SCHWÄCHEN

Fruchtfolge:

I-Sc=5,2

Enge Mais-Weizen Fruchtfolge bewirkt Abschläge

Phosphat:

I-P=0,0

Keine Angabe eines Ergebnisses durch INDIGO

STÄRKEN

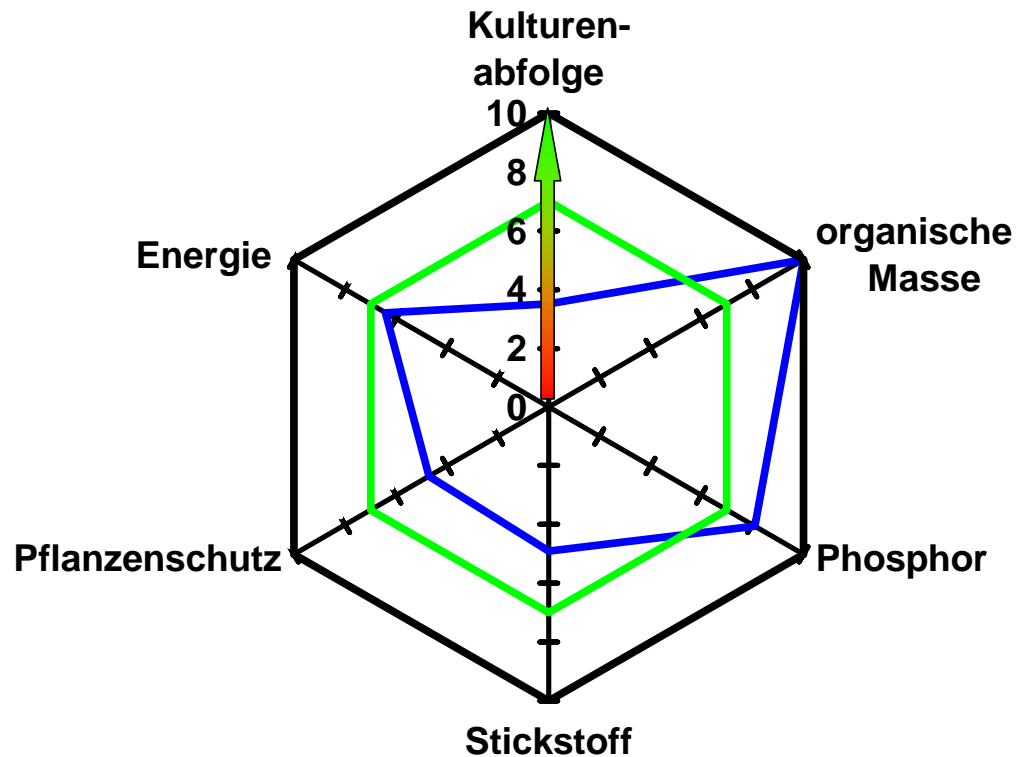
Organische Substanz:

I-MO= 10

Gute C-Versorgung durch
Ernterückstände

Phosphat:

I-P=8,1



— Weizen nach Mais 14 — empfohlen — max

SCHWÄCHEN

Fruchtfolge:

I-Sc=3,5

50% Mais in der Frucht
folge bewirkt Abschläge

Stickstoff:

I-N=4,9

Die Fruchtfolge Mais-
Weizen benötigt sehr viel
Dünger, der sich auch im
Indikator Energie nieder
schlägt. INDIGO errechnet
außerdem
Ausgasungsverlusten von
3,3 kg/ha N₂O-N!

Energie:

I-E=6,4

s.o.

Pfl.schutz:

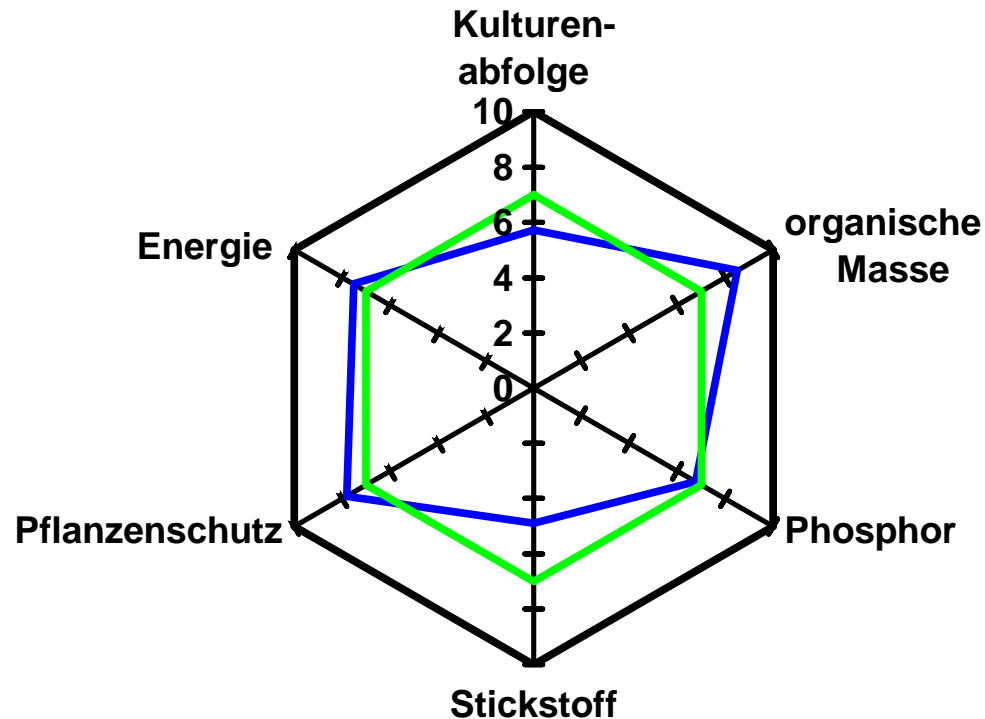
I-Phy=4,7

Hochdosiertes IPU 500
birgt Risiken für
Grundwasser

Durchschnittliche Bewertung über alle pfluglosen Anbausysteme und Fruchtfolgen

STÄRKEN

Im Durchschnitt über alle analysierten pfluglosen Anbauverfahren zeigen positive Umwelteffekte. Hauptsächlich im Energieeinsatz, der Humusversorgung und im Einsatz von Pflanzenschutzmitteln.



SCHWÄCHEN

Der Stickstoffeinsatz wird im Durchschnitt über alle pfluglosen Verfahren und Kulturen von INDIGO kritisch bewertet, Phosphor neutral.

Eine insgesamt negative Bewertung der Kulturenabfolge ist durch den Anteil Monomais verursacht und nicht systembedingt, sondern liegt an der regional üblichen Praxis im Untersuchungsgebiet.

— Durchschnitt — empfohlen — max

Tab. 18: allgemeine Lehren aus der Analyse der pfluglos wirtschaftenden Betriebe

Betrieb	Böden	Indikator Fruchtfolge (ISC)	Indikator Organ. Subst. (IMO)	Indikatr Phosphor (IP)	Stickstoff Indikator (IN)	Indikator Pfl.sch (I-Phy)	Indikator Energie (IEn)
TSL - 2	Lehm Hang	4,3	9,7	6,7	7,1	8,2	6,3
TSL - 18	Lehm Hang	4,3	9,8	4,6	6,2	7,2	6,6
TSL - 12	SandRhein	2,5	10,0	7,2	3,4	8,0	5,5
TSL - 14	Ton Rhein	3,2	10,0	5,4	6,5	8,2	5,0

Schlechte Indikatornoten (unter 5) sind in rot gedruckt, mittlere Noten in orange (von 5 bis 7), zufrieden stellende Noten sind grün (über 7).

Isc: Mais belegt zwischen 50 und 100% der Ackerfläche; der Einbau weiterer Kulturen (Weizen, Erbsen) und von Zwischenfrüchten (2; 14; 18) verbessert die Gesamtnote etwas. Diese bleibt aber schwach.

Imo: Pfluglose Verfahren halten die organische Substanz an der Oberfläche; Körnermais hinterlässt große Mengen an Ernterückständen, der Boden wird mit organischer Substanz angereichert. Die Indikatorwerte sind nahe am Ideal.

In: Auf flachgründigen Böden und Böden mit hohem Humusgehalt besteht immer eine Auswaschungsgefahr, trotz dem Anbau von Zwischenfrüchten oder Winterungen nach Mais. Die schlechteste Note (Betrieb 12) kommt von der fehlenden Aufteilung der Stickstoffdüngung. Bei pflugloser Bearbeitung kann es auch zu stärkeren Lachgasverlusten (N₂O) kommen, insbesondere bei Direktsaat sowie auf staunassen, schweren Böden in Verbindung mit einer Stickstoffdüngung (Mais, Weizen). Bei manchen Böden ist die Auswaschungsgefahr trotz einer angepassten Düngung erhöht. Letztendlich sind die Werte des Indikators für Stickstoff jedoch stärker von den Maßnahmen des Landwirts und der Interaktion von Bodentyp und Kultur abhängig. Dabei zeigen sich die Grenzen der Mais-Monokultur auf flachgründigen Böden in Gewässernähe (Rhein, III).

Ip: Die Werte des Indikators hängen von der Genauigkeit der Übereinstimmung von Düngung und Bedarf der Kultur ab, folglich von der Entscheidung des Landwirts, welcher auch noch ökonomische Parameter berücksichtigt. Jeder Überschuss (Betrieb 18) bzw. Defizit (Betriebe 2 und 14) von mehr als 30 kg/ha Phosphor gegenüber der Empfehlung wird sanktioniert.

Iphy: Alle Betriebe zeichnen sich durch einen guten Pflanzenschutz aus: Bei Zuckerrüben und Raps kommen Mittel mit einem höheren Risiko für das Grundwasser zum Einsatz. Bei Mais und Weizen gibt es weniger Probleme, außer vielleicht beim Einsatz des leicht verlagerbaren Banvel. Der Einsatz von Glyphosat im aktuellen Umfang (Abtötung von üppiger Zwischenfrucht) verschlechtert die Gesamtnote nicht.

Iirrig: Das Beispiel ist etwas banal, aber eine möglichst gut auf den Bedarf abgestimmte Beregnung vermeidet unnötigen Wasserverbrauch bzw. Wasserüberschuss.

Ien: Kulturen ohne Stickstoffdüngungsbedarf (Eiweißpflanzen, Braugerste) sowie eine gute Anpassung der Beregnung an den Bedarf der Kulturen zahlen sich aus. Der Dieserverbrauch für die Bodenbearbeitung ist bei pflugloser Bearbeitung niedriger.

II.2/ Vergleich mit Betrieben die pflügen

Zum Zeitpunkt der Durchführung dieser Arbeit sind erst einige elsässische Betriebe mit INDIGO evaluiert worden. Drei dieser Betriebe (N° 10, 16 und 17), die den Pflug einsetzen, wurden für einen Vergleich mit den vorstehend beschriebenen, pfluglos arbeitenden Betrieben ausgewählt. Sie sind repräsentativ für die Standortverhältnisse und die Kulturen des Elsass: Mais-Monokultur mit Beregnung auf sandig-tonigen Böden der Hardt; Zuckerrüben-Mais-Weizen auf sandigen Riedböden und Mais-Weizen-Raps auf Lößlehm im Sundgau. Von daher stimmen die Merkmale dieser Betriebe mit denen der vier untersuchten pfluglos arbeitenden Betriebe überein.

Anmerkungen: Die Werte des Indikators I_{phy} für die pflügenden Betriebe stammen aus den Jahren 2002 und 2003, zwei Jahre, in denen die Unkrautbekämpfung bei Mais noch mit Atrazin erfolgte.

Ansonsten werden die pflügenden Betriebe hier nicht näher kommentiert.

Tab. 19: Vergleich von Betrieben ohne und mit pflugloser Bodenbearbeitung mittels INDIGO®

Betrieb	Standort	Indikator Fruchtfolge (ISC)	Indikator Organs. Subst. (IMO)	Indikator phosphor (IP)	Indikator Stickstoff (IN)	Indikator Pfl.Sch. (I-Phy)	Indikator Energie (IEn)
TSL -	Lehm Hang	4,3	9,7	6,7	7,1	8,2	6,3
TSL -	Lehm Hang	4,3	9,8	4,6	6,2	7,2	6,6
TSL -	Sand Rhein	2,5	10,0	7,2	3,4	8,0	5,5
TSL -	Ton Rhein	3,2	10,0	5,4	6,5	8,2	5,0
Lab - 17	Limons pente	4,2	6,8	2,3	7,2	2,7	4,3
Lab - 10	Sables Rhin	4,1	8,6	3,1	7,5	6,6	5,9
Lab - 16	Hardt	2,8	9,8	7,3	6,2	4,1	4,0

Bemerkenswerte Unterschiede zwischen den Betrieben mit und ohne Pflugeinsatz zeigen sich bei den Indikatoren Organische Substanz, Pflanzenschutz und Energie.

Für I_{MO} sind die Werte gut, egal welches System, wegen der Vorherrschaft von Körnermais in den Fruchtfolgen. Dennoch sind die Werte für die Betriebe mit pflugloser Bodenbearbeitung höher als die der pflügenden Betriebe. Der Effekt der Bodenbearbeitung bleibt wichtig. Die Erhaltung der Ernterückstände an der Oberfläche erlaubt es, den Boden mit organischer Substanz anzureichern und damit die agronomischen, biologischen und chemischen Eigenschaften zu verbessern.

Für I_{PHY} zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen den Bodenbearbeitungssystemen, trotz des weiter oben geäußerten Vorbehalts. Dies ist zurückzuführen auf die systematische Anwendung von Nachauflaufherbiziden durch die Landwirte mit pflugloser Bearbeitung. Dagegen benützen die pflügenden Landwirte mehr Vorauflaufherbizide, welche ungünstigere Umwelteigenschaften aufweisen (Metolachlor). Die verstärkte Anwendung von Glyphosat durch die pfluglos arbeitenden Landwirte wird nicht als umweltbelastend angesehen.

Auch beim I_{EN} zeigen sich Unterschiede zwischen den Verfahren. Sie sind in erster Linie mit dem Maschineneinsatz verbunden (geringerer Dieserverbrauch, da nicht mehr tief bearbeitet wird), sowie auf den Betriebsmitteleinsatz, der bei den Betrieben in TSL niedriger liegt, vor allem, weil auf den gut versorgten Böden die Grunddüngung immer wieder einmal ausgesetzt werden kann.

5. Versuche zur pfluglosen Bodenbearbeitungsverfahren am Oberrhein

Am Oberrhein werden zahlreiche Versuche zu reduzierter Bodenbearbeitung durchgeführt:

insgesamt sind 19 Versuche aufgenommen worden. Die ersten davon sind bereits 1989 in Südbaden angelegt worden, während man im Elsass erst 1997 mit Versuchen zu diesem Thema startete. Versuchsstandorte sind im allgemeinen schluffreiche Böden, wie sie im Untersuchungsgebiet vorherrschen. Die angebaute Kultur ist in den meisten Fällen Mais, oft als Monomais.

Tab. 20: Verzeichnis der regionalen Versuche zur pfluglosen Bodenbearbeitung

Baden-Württemberg		Elsass	
Standort	Institution	Standort	Institution
Viehwegacker	ANNA/ifuL	Spechbach-le-haut	ARVALIS-ARAA
Steinenstadt		Geispitzen	
Dreisamtal	ANNA	Niederentzen	INRA-ARAA
Biengen	ifuL	Rouffach	
Hausen		Hochfelden	CA67
Wintersweiler		Neewiller	
Dossenheim	Landwirtschaftsämter	Sélestat	
Efringen-Kirchen		Engwiller	
		Kappelen	CA68
		Landser	

5.1 Methoden

Auf den folgenden Seiten werden die Schlussfolgerungen der Versuche im Untersuchungsgebiet zusammengefasst. In den Übersichten am Ende von Anhang IV sind für jeden einzelnen dieser Versuche die detaillierten Bedingungen (insbesondere Datum Einführung, Bodentyp, eingesetzte Bodenbearbeitungstechniken), die Zielsetzung, die beobachteten Parameter und eine kurze Zusammenfassung der Hauptergebnisse aufgeführt. Wie die folgende Tabelle zeigt, werden unterschiedliche Zielsetzungen für die Bewertung der Möglichkeiten pflugloser Bodenbearbeitung in der Region abgedeckt.

Tab. 21: Übersicht über die Ziele der regionalen Versuche

Fragestellung	Standort
Vergleich von Bodenbearbeitungsverfahren und ihrer Auswirkungen auf den Ertrag	Hochfelden, Neewiller, Sélestat, Engwiller, Kappelen, Landser, Wintersweiler, Dossenheim, Efringen-Kirchen
Vergleich von Anbausystemen, (mit und ohne Pflug) mit Anpassung von Düngung, Sorten, Fruchtfolge)	Rouffach, Niederentzen, Biengen, Hausen, Viehwegacker, Steinestad,
Auswirkungen der Bodenbearbeitung auf die Stickstoffdynamik (N-Hinterlassenschaften nach d. Ernte, Mineralisierung, Auswaschung)	Viehwegacker, Steinestad, Efringen-Kirchen, Rouffach, Niederentzen
Auswirkungen der Bodenbearbeitungsverfahren auf den Austrag von Pflanzenschutzmitteln	Spechbach-le-Haut, Geispitzen
Wirtschaftliche Aspekte unterschiedlicher Bodenbearbeitungsverfahren	Dreisamtal, Rouffach, Niederentzen, Viehwegacker, Steinestad, Kappelen

Die Mehrheit der Versuche, die am Oberrhein durchgeführt wurden, sind einfaktoriell. Variiert wurde in den meisten Fällen lediglich die Art der Bodenbearbeitung. Die meisten Untersuchungen beschäftigen sich mit Körnermais.

Die beigefügte Auswertung der obigen Versuche beruht auf den Ergebnissen bis zum Jahr 2004, manchmal auch bis 2005.

5.2 Ergebnisse

Die Detailangaben zu den verschiedenen Versuchen befinden sich im Anhang 2. Die Schlussfolgerungen und wesentlichen Aussagen aufgrund der Analyse dieser Versuchsergebnisse lauten wie folgt:

- Die Einführung der pfluglosen Verfahren braucht Zeit

In Hochfelden, Sélestat, Neewiller, und Niederentzen, Wintersweiler und Efringen-Kirchen zeigten sich Schwierigkeiten bei der Einführung der pfluglosen Varianten, die sich in den ersten Jahren mit wesentlichen als Mängel beim Feldaufgang zeigten. Sie resultieren oftmals aus dem **Einsatz von ungeeigneter Technik, insbesondere zur Direktsaat**. Die anderen pfluglosen Anbausysteme (Mulchsaaten) haben sich ertragsmäßig auf gleichem Niveau wie der Pflugeinsatz angesiedelt, was der gängigen Lehre entspricht.

In den folgenden Jahre können sich Unkrautprobleme einstellen (ohne Anpassung der Strategie der Unkrautbekämpfung). Beispielsweise ließ am Versuchsstandort Neewiller der Vogelknöterich die Erträge in den pfluglosen Varianten zwischen 35 bis 85 dt/ha variieren. Man gelangte zu nicht gesicherten Versuchsergebnissen. Schwierigkeiten mit der Unkrautkontrolle sind - zumindest in der Umstellensphase - ein verbreitetes Problem bei pfluglosen Anbausystemen.

- Trotz positiver Effekte kann eine Zwischenfrucht ein Risiko für die Kultur bedeuten

Der Anbau einer **nicht abfrierenden Zwischenkultur** (z.B. Weidelgras vor Getreide) trägt zur Aufrechterhaltung der Strukturstabilität bei, kann aber besonders zu Mais bei den am Oberrhein weit verbreiteten **trockenen Bedingungen** speziell auf flachgründigen Böden zu Wasserkonkurrenz führen, besonders wenn die Abtötung zu spät erfolgt oder nicht vollständig geschieht.

- die Bodenbearbeitung: das regelmäßige Lockern ist oft unumgänglich

Tiefe Bearbeitung erhöht in mehreren Fällen die Ertragssicherheit: Auf schlecht strukturierten Böden (Löss), **bewässerten Standorten mit hohem Tongehalt** und in Fällen von Verdichtungen durch die Ernte der Vorkultur, (hauptsächlich für die Ernte 2001, nicht für die Ernte 2003).

Lockerungsmaßnahmen erhöhen die Ertragssicherheit, wenn sie gut ausgeführt werden (Tiefenbearbeitung nur bei gut abgetrocknetem Boden), hemmt die Verbreitung von Dauerunkräutern und begünstigt die Durchwurzelung bei Mais. Diese Wirkungen sind auf den Standorten von Neewiller und Hochfelden auf der Modalität "direkte Aussaat" sichtbar.

Die **Ergebnisse bei oberflächlicher oder mitteltiefer Bearbeitung** (Grubber, Scheibenegge, Mulchtiller) **entsprechen** auf gut strukturierten Standorten dem Pflügen, besonders auf schluffreichen Böden. Auf Standorten, wo auf schwereren Böden (Rouffach, Sélestat) Bewässerung eingesetzt wurde, erfordert die durch jahrelanges Pflügen entstandene Pflugsole eine Tiefenlockerung.

Auf nicht beregnetem tonigem Lehm oder lehmigem Ton mit guter Struktur und ausreichender Eigenlockerung sollte eine tiefe Bodenbearbeitung nicht systematisch eingesetzt werden.

- Die Saattechnik muss an die pfluglosen Anbausysteme angepasst sein

Die in Versuchen eingesetzte **Saattechnik** sollte dringend an die pfluglosen Anbausysteme **angepasst** werden, Spezialgeräte scheinen unentbehrlich.

Zum Maisanbau sollte eine geeignete Sämaschine mindestens ausgerüstet sein mit

- einem Schar, das die Pflanzenreste aus der Saatreihe entfernt, ein Scheibenschar zum Säen und Rollen die das Saatgut bedecken und andrücken,
- Scheiben, die den Boden öffnen oder rotierende Sternfinger (Räumsterne), die Pflanzenreste aus der Saatreihe entfernen. Für Direktsaat muss ein ausreichender Schardruck sicher gestellt sein. Bei dem üblicherweise hohen Schardruck einer Direktsaatmaschine kann eine vorhergehende Bearbeitung mit dem Grubber zu schlechter Saatgutablage führen (Wintersweiler),
- auf Tonboden und in Direktsaat eine kleine Druckrolle.

Der Einsatz einer ungeeigneten Sämaschine nach reduzierter Bodenbereitung, die durch Pflanzenreste an der Oberfläche gestört wird (2 erste Versuchsjahre 2000 und 2001 auf Versuchsstandorten im Unterelsass), oder einer ungeeigneten Maschine zur Direktsaat (Efringen-Kirchen) nicht zu optimalen Ergebnissen für das überprüfte Anbausystem und kann bis zum Scheitern des Versuches führen.

- Eine sichere Bestandsführung ist notwendig für Mais

Mängel beim Feldaufgang äußern sich auf Parzellen mit hohem Ertragspotential (120-130 dt/ha) fast systematisch in einem **geringeren Ertrag** (Sélestat, Rouffach), während für niedrigere Potentiale (90-100 dt/ha) eine Kompensation durch das Tausendkorngewicht (Kappelen, Landser, Hochfelden) möglich ist.

- Unkrautkontrolle

Auf praktisch allen Standorten ist der Unkrautdruck in den pfluglos bearbeiteten Parzellen und hier besonders bei Direktsaat stärker. Der Panic-Digitaire-Sétaire-Komplex bei Mais (Hühnerhirse, Fingerhirse, Borstenhirse) und besonders die Dauerunkräuter (Winde, Schachtelhalm, Vogelknöterich), müssen unter Kontrolle gebracht werden. In einfaktoriellen Versuchen bewirken sie oftmals **Ertragsnachteile**. In Systemversuchen (Niederentzen, Rouffach, Müllheim-Viehwegacker, Steinenstadt), kann der Unkrautdruck einen höheren Aufwand von Pflanzenschutzmitteln erfordern, der allerdings nicht systembedingt nachgewiesen wurde. Die Wirkung der Witterungsunterschiede von Jahr zu Jahr ist stärker als der Effekt der Bodenbearbeitung.

- Ertragsunterschiede auf verschiedenen Standorten

Im Allgemeinen brachten die pfluglosen Varianten (außer Direktsaat) **vergleichbare** oder höhere **Erträge** auf den Standorten Rouffach, Kappelen, Hochfelden, Neewiller. Steinenstadt, Viehwegacker) Zwei Punkte sind dabei hervorzuheben:

In vielen Fällen sind die pfluglos erwirtschafteten Erträge um einige Dezitonnen niedriger als beim Pflugeinsatz, aber nicht immer signifikant. Eine Ausnahme bildet der Standort Kappelen, wo die pfluglosen Parzellen seit 1998 eingerichtet sind und weniger durch Strukturschäden und Erosion beeinträchtigt werden als die Pflugvariante. Auf diesem Standort führte der pfluglos angebaute Mais (außer Direktsaat) zwar zum schlechtesten Feldaufgang im Jahre 2002, was allerdings ertragsmäßig durch ein besseres Tausendkorngewicht kompensiert wurde.

Im Jahr 2003 (Trockenjahr) hat der pfluglose Anbau den Ertrag auf diesen 4 Standorten begünstigt. Die Erträge sind höher und verbessern den Mehrjahresdurchschnitt der pfluglosen Varianten.

Die Versuchsstandorte Steinenstadt und Viehwegacker ergaben allerdings sowohl in 2003 als auch in 2004 Ertragsvorteile von 8-20% für die pfluglosen Varianten gegenüber gepflügtem Monomais. Auf diesen Standorten wurde ein echter Systemansatz verfolgt, in dem Düngung, Fruchtfolge und Aussaatstärke an die Bedürfnisse der verglichenen Verfahren angepasst wurden.

Die pfluglosen Varianten (außer Direktsaat) ergaben **leicht niedrigere Erträge** auf den Standorten **Niederentzen** (Mais) , **Engwiller** (Weizen) und **Sélestat**. Dafür wurden für die Standorte unterschiedliche Erklärungen angegeben:

- Wahl einer Sorte mit heliotroper (aufrechter) Blattstellung, die viel Licht an den Boden lässt, um die Entwicklung der Untersaat (Weidelgras) zu fördern (Niederentzen),
- eine schlechtere Wurzelentwicklung, die den Ertrag reduzierte (Niederentzen),
- Fusariumbefall im Weizen (Engwiller),
- Das Unterlassen einer tiefen Bodenbearbeitung auf beregneten, schweren Böden (Sélestat.)

- Direktsaat birgt Risiken beim Anbau von Monomais

Direktsaat von Mais in Monokultur führte systematisch in allen Versuchen zu **Nachteilen** bei Unkrautdruck und vielfach auch zu Problemen mit unregelmäßiger Saatgutablage und damit zu unregelmäßigem Auflauf, was zu einer Reduzierung der Erträge um 10% oder mehr führte.

Eine Ausnahme bilden hier die nicht bewässerten Parzellen im außergewöhnlichen Trockenjahr 2003, wo sich für die Direktsaat Ertragsvorteile gegenüber Pflug ergaben (Neewiller, Wintersweiler und Hausen). Allerdings verbessert ein regelmäßiges Auflockern den Ertrag. Auf vielen Standorten im Unterelsass und in Südbaden können aufgrund zu kurzer Versuchslaufzeiten noch keinen Schlussfolgerungen über diese Technik gezogen werden.

- Pfluglose Bodenbearbeitungssysteme bieten Vorteile bei trockenem Sommer

Im Jahre 2003 erbrachten die pfluglosen Varianten und hier besonders die **Direktsaat mit Lockerung** (Modifizierte Direktsaat) bessere Erträge auf nicht bewässerten Standorten, was auf eine **bessere Wasserkapazität** der Böden zurückzuführen ist (Neewiller, Hochfelden, Landser, Biengen, Hausen, Müllheim, Steinenstadt). Allerdings kann bei einem trockenen Frühjahr besonders auf flachgründigen Böden (z.B. Hardt) die Winterbegrünung (Weidelgras) das Profil ziemlich stark austrocknen und dadurch den Erfolg der nachfolgenden Aussaat der Hauptkultur beeinträchtigen.

- Gefahr von Mykotoxinbelastungen

Die pfluglosen Anbauverfahren lassen mehr Ernterückstände der Vorkultur an der Bodenoberfläche als die Pflugbewirtschaftung. Diese Rückstände sind bekanntlich die Hauptinfektionsquelle für Fusarien. Getreide ist die Kultur, die auf Fusarien am empfindlichsten reagiert und dementsprechend einen sehr hohen Mykotoxingehalt aufweisen kann, insbesondere, wenn Weizen nach Mais angebaut wird. Die Fruchtfolge **Mais-Weizen** birgt ein hohes Risiko und sollte grundsätzlich, speziell aber in pfluglosen Anbausystemen und hier insbesondere bei Direktsaat **vermieden** werden. Untersuchungen in Engwiller zeigen keinen zwingenden Zusammenhang zwischen dem Anteil fusariumbefallener und dadurch zerstörter Körner und dem Mykotoxin-Gehalt. Der sogenannte „Kontaminationsausdruck“ ist wichtig (Apache ist z.B. weniger empfindlich als Soissons, eine Sorte, die den Befall durch die Krankheit mehr bzw. sichtbarer ausdrückt).

Opus und Ogam (Fungizid, Wirkstoff: Epoxiconazol), sind gegen Septoria-Blattdürre zu bevorzugen; Strobilurine sind zu vermeiden. Für Mais sind die Ergebnisse der Analysen sehr unterschiedlich und hängen von verschiedenen Bedingungen der Bodenbearbeitung und des Standortes ab, die sich insgesamt auf die Umsetzungsdauer der Erntereste der Vorkultur auswirken. Details sind gegenwärtig noch nicht verfügbar.

- Allgemeine positive Umweltwirkungen

Oberflächenabfluss und Erosion werden **durch pfluglose Bodenbearbeitung** unabhängig von der Technik **beträchtlich reduziert** (Faktor 10 bis 15), wie die Versuche von Geispitzen, Neewiller, Landser ergaben. Die Senkung des Oberflächenabflusses wird im Allgemeinen von einer **Reduzierung des oberflächlichen Austrags von Pflanzenschutzmitteln** begleitet. Besonders bei häufigen und starken Niederschlagsereignissen im Frühjahr kann ein Boden durch die vollständige Wassersättigung nur wenig Niederschlag aufnehmen.

5.3 Ausblick

- ✧ Zum pfluglosen Anbau sollten kräftige **Sorten** mit einer guten Anfangswüchsigkeit und mit einer guten Verwurzelung gewählt werden, um die möglichen Schwierigkeiten beim Feldaufgang zu kompensieren. Hierzu sollten Sortenversuche speziell zu pfluglosen Anbausystemen durchgeführt werden. In vergleichenden Versuchen sollte gegebenenfalls, dem Systemansatz folgend, eine Erhöhung der Aussaatstärke in den pfluglosen Varianten vorgenommen werden.
- ✧ Umstritten bleibt die Notwendigkeit einer **stärkeren ersten N-Düngergabe** zu Winterweizen und Mais. Sie kann besonders in den ersten Jahren (Umstellungszeit) gerechtfertigt sein, sollte aber nicht systematisch eingesetzt werden.
 - Versuche mit variierender N-Jahresdosis und einer Verteilung der Gaben, die spezifisch an die Bodenbedingungen bei Pflugverzicht angepasst sind.
- ✧ Forschungsbedarf besteht regional auch zum Zwischenfruchtmanagement:
 - Versuche zur erfolgreichen, preisgünstigen Etablierung von Winterbegrünungen (Sortenwahl, Zerstörungsmethoden); Alternativen zu **Glyphosat**
- ✧ **Mykotoxine:** Dass der Haupteinflussfaktor für den Befall mit Fusarium nicht die Art der Bodenbearbeitung, sondern die Vorkultur ist, wurde in zahlreichen Versuchen bewiesen und wird als feststehende Tatsache angesehen. Aus wirtschaftlichen Gründen ist aber am Oberrhein weiterhin mit dem Anbau von Weizen nach Mais zu rechnen. Hier ist die richtige Einschätzung des Befallsrisikos und seine Beherrschung für die Zukunft der pfluglosen Anbaumethoden in der Region unentbehrlich.

Es scheint notwendig, für Anbausysteme mit Mais-Getreidefruchtfolgen folgende Vergleiche anzustellen:

- Pflugsystem, mit und ohne Fungizidbehandlung, ertragreiche Sorte **und**
- zwei oder drei pfluglose Systeme mit unterschiedlich tiefer Einmischung und wenig anfälliger Sorte + Fungizidbehandlung (systematisch oder witterungsabhängig?).

und/oder Versuche mit Getreide nach Mais mit

- einigen Varianten der Bodenbearbeitung (kombiniert mit unterschiedlichen Techniken und Intensitäten der Einmischung von Ernteresten),
- mindestens 3 vom Bundessortenamt unterschiedlich eingestufteten Sorten,
- variierte Behandlungen mit Triazol gegenüber unbehandelt.

Dabei sind Bonituren von Ährenfusariose und Maiszünslerbefall sowie nach Möglichkeit Analysen des Mykotoxingehaltes vorzunehmen.

- ✧ **Weizen-Mais-Fruchtfolgen sind bei pfluglosem Anbau zu vermeiden.** Es erscheint nötig, geeignete Fruchtfolgen zu finden, die langfristige Absatzmöglichkeiten bieten.
- ✧ **Einige Fragen zum Anbau von Monomais bleiben unbeantwortet.**
 - Die Genossenschaften sind optimistisch in Bezug auf die Einführung toleranter Sorten (Fusarium, Maiszünsler), während verschiedene Untersuchungen und Beobachtungen in Deutschland und der Schweiz eine gewisse Vorsicht angemessen erscheinen lassen.

6. Direktsaat ABC – Tipps zu Direktsaat von Praktikern für Praktiker

6.1 Einleitung

Die negativen Auswirkungen des modernen Ackerbaus sind heutzutage zunehmend sichtbar. Insbesondere die Bodenqualität wird durch steigende Achslasten und zu intensive Bodenbearbeitung durch zapfwellengetriebene Maschinen verschlechtert, indem die Krümelstabilität und das Grobporenvolumen sowie die biologische Aktivität abnehmen. Dank der Fortschritte in der Landtechnik kann der Boden heute nahezu unabhängig von dessen Zustand bearbeitet werden. Dadurch können die Geräte flexibler und rationeller eingesetzt werden, wobei die Arbeitsqualität auch unter ungünstigen – meist zu feuchten – Bedingungen visuell als „zufrieden stellend“ gewertet wird. Weiter sind die Landmaschinen in den letzten Jahren generell schwerer geworden, dies als Folge der allgemeinen Rationalisierung in der Landwirtschaft und ebenfalls des technischen Fortschrittes. Laut Angaben des Bundesamtes für Statistik (Saxer M. u. Steinhöfel H., 2004) nahm der Anteil von Landwirtschaftsfahrzeugen mit einem Gesamtgewicht von über 5 Tonnen in der Schweiz stetig zu (2003: 95.461 Stück) und ist seit 2002 größer als derjenige der Fahrzeuge mit weniger als 5 Tonnen Gesamtgewicht (2003: 84.834 Stück)

Als Folge davon ist der Boden zunehmend seiner natürlichen Speicher- und Filterfunktion beraubt. Niederschläge können weniger gut in die Bodenmatrix infiltrieren, und die Kraft des Aufpralls der einzelnen Regentropfen auf der unbedeckten Bodenoberfläche wird weniger abgebremst. Insbesondere bei heftigen Niederschlagsereignissen können deshalb Oberflächenabfluss und Bodenerosion auftreten. Entsprechend werden Pflanzennährstoffe und Pestizide vermehrt in Oberflächengewässer eingewaschen.

Die markante Reduktion der Bodenbearbeitungsintensität ist ein in der Fachwelt unbestrittenes Mittel, um diesen unerwünschten Begleiterscheinungen entgegen zu wirken. Dabei wird die wendende Bodenbearbeitung mit dem Pflug durch geeignete Alternativen ersetzt. Als Folge davon werden die natürlichen Vorgänge im Boden weniger gestört. Dazu tragen hauptsächlich die geringeren Arbeitstiefen der Bodenbearbeitungsgeräte und das Belassen der natürlichen Schichtung des Bodens bei. Zudem verbleiben je nach Intensität der Bearbeitung mehr oder weniger Pflanzenreste an der Bodenoberfläche. Sie tragen zum physikalischen Schutz bei Regen und Oberflächenabfluss, aber auch als Habitat und Nahrung für Bodenlebewesen zum Bodenschutz bei. Dadurch wird die Bildung eines Lebendverbau begünstigt. Ebenso hilft ein ausgeprägtes Makroporensystem aus Regenwurmröhren und Wurzelgängen den Boden zu belüften und zu drainieren. In der Folge werden die Tragfähigkeit und die biologische Aktivität des Bodens erhöht.

Durch den zunehmenden Kostendruck in der Landwirtschaft werden konservierende, d.h. pfluglose Anbausysteme mehr und mehr auch aus ökonomischen Überlegungen angewendet. Generell nehmen – ungeachtet von möglichen Einsparungen allein bei der Technik durch den Wegfall von Geräten und Maschinen – mit abnehmendem Aufwand bei der Bodenbearbeitung gleichzeitig auch der Arbeitsaufwand und die Treibstoffkosten ab.

Auf der anderen Seite wird durch die mehr oder weniger ausgeprägte Bodenbedeckung aus Pflanzenresten die Entwicklung von unerwünschten Schadorganismen wie Fusarienpilze (Krebs H. et al., 2000) und vereinzelt auch Schnecken begünstigt. Ebenso ist die Unkrautbekämpfung im Vergleich zu Anbausystemen mit Bodenbearbeitung anspruchsvoller, da sich die Unkrautpopulationen in den meisten Fällen hin zu teilweise nicht ganz einfach kontrollierbaren monokotylen und anemochoren Arten sowie Ausfallgetreide verschieben (Streit B. et al., 2003). Mit konsequentem Wechsel zwischen Halm- und Blattfrüchten und angepassten Pflanzenschutzmaßnahmen können diese Nachteile vermieden werden. Gerade im Zusammenhang mit dem vermehrten Befall von pfluglos angebautem Winterweizen mit Fusarienpilzen wird aber sichtbar, dass die im Rahmen von wissenschaftlichen Untersuchungen erarbeiteten Empfehlungen, namentlich das Vermeiden von Wintergetreide nach Körnermais und der Anbau von wenig anfälligen Sorten, von den Praktikern noch nicht konsequent umgesetzt werden. Ein Grund dafür dürfte darin liegen, dass beispielsweise die Einschränkungen bei der Fruchtfolge zwar fachlich korrekt, für die Landwirte aber nur bedingt brauchbar kommuniziert wurden. Der Übergang von Körnermais zu Winterweizen hat insbesondere auf futterbaulastigen Betrieben traditionell einen hohen Stellenwert und wird von den Landwirten nicht ohne weiteres aufgegeben. Eine Anpassung der Kommunikation auf die Bedürfnisse dieser Zielgruppe, beispielsweise in Kombination mit brauchbaren Vorschlägen für alternative Fruchtfolgen, wäre deshalb ein wertvoller Beitrag zur Förderung umweltschonender Anbausysteme und zur Vermeidung von Anbaufehlern.

Von allen unter den Begriffen wie ‚pfluglose Anbausysteme‘, ‚konservierende Anbausysteme‘, oder ‚Mulchsaat‘ zusammengefassten Anbausystemen mit reduzierter Bodenbearbeitungsintensität ist die Direktsaat die wirkungsvollste, zugleich aber auch die anspruchsvollste Maßnahme zum Schutz des Bodens. Bei dieser Anbaumethode bleiben mehr als 50% der Bodenoberfläche unbearbeitet. Entsprechend ist der Boden meist permanent durch Pflanzenreste bedeckt, und der Aufbau eines Lebendverbau im Boden wird optimal gefördert. Auf der anderen Seite ist Direktsaat auch dasjenige Anbausystem mit dem größten Anbaurisiko, da wenige Möglichkeiten für die mechanische Korrektur von Fehlern vor, während oder nach der Saat bestehen. Zudem sind bei diesem Verfahren im Vergleich zum traditionellen Pflugsystem noch verhältnismäßig wenige Erfahrungen vorhanden. Es hat sich bis jetzt aber gezeigt, dass das optimale Zusammenspiel der Faktoren Mensch, Boden, Pflanzen, Umwelt und Technik entscheidend ist für die erfolgreiche Direktsaat (Sturny W., Hofer P., Chervet A. und Providoli I., 2001). Entsprechend kommen dem Betriebsleiter und – etwas weniger ausgeprägt – den Beratern zentrale Rollen zu.

Gemäß der jährlichen Erhebung der direkt gesäten Fläche durch die Schweizerische Gesellschaft für bodenschonende Landwirtschaft (SWISS NO-TILL) wurden 2005 etwas über 12'000 ha mit dieser boden- und ressourcenschonenden Anbaumethode angesät³. Dies entspricht rund 3 % der offenen Ackerfläche. Seit der Gründung dieser Interessensgemeinschaft vor 10 Jahren haben Landwirte, Lohnunternehmer und Berater zahlreiche Erfahrungen gesammelt, die wertvolle Quellen von Wissen zu diesem Anbausystem sind.

Mittlerweile gibt es recht umfangreiche Beratungsunterlagen zu Direktsaat, beispielsweise aus der Schweiz (Anonym, 1998), Frankreich (Anonym), England (Anonym 2002)

3 <http://www.no-till.ch/Diverses/Flaechenaktuell.html>

und Nordamerika (Coutts G.R. and Smith R.K., 1991). Allerdings scheinen diese Unterlagen vorwiegend auf wissenschaftlichen Erkenntnissen zu basieren und weniger auf die Bedürfnisse der Praktiker ausgerichtet zu sein. Zudem sind einige ausländische Empfehlungen aufgrund von Klima- und Bodenunterschieden nicht auf die kühl-feuchten Bedingungen in der Schweiz übertragbar. Im Rahmen eines Projektes soll nun ein Instrument zur Kommunikation von Informationen zu Direktsaat ohne jegliche Bodenbearbeitung geschaffen werden, das in erster Linie die Erfahrungen von Praktikern zusammenfassen und verfügbar machen soll. Dabei soll insbesondere auf die Argumentation und die Sprache dieser Zielgruppe eingegangen werden.

6.2 Zielsetzung

Das Ziel dieses Projektes ist es, Informationsunterlagen speziell von Praktikern für Praktiker zu Direktsaat zu erarbeiten. Ausgewählte Landwirte, Lohnunternehmer und vereinzelt Personen aus der Beratung werden zu den gemachten Erfahrungen und Beobachtungen befragt. Eine Zusammenfassung dieser Interviews wird als Stichwortsammlung dem interessierten Publikum verfügbar gemacht.

Das so zusammengetragene Wissen zu Direktsaat wird in erster Linie im Internet zur Verfügung gestellt. Anbausysteme mit reduzierter Bodenbearbeitungsintensität und insbesondere Direktsaatsysteme werden zurzeit laufend angepasst und verbessert. Deshalb sollte diese Datensammlung so gestaltet sein, dass sie später auf einfache Weise ergänzt werden kann.

6.3 Vorgehen

6.3.1 Definition der Stichworte

Als Basis für die Befragungen wurden Stichworte definiert und priorisiert (Tab. 22). Die Auswahl der Stichworte erfolgte durch die Mitglieder der Projektgruppe und orientierte sich weitgehend an den aktuellen Themen im Zusammenhang mit Direktsaat sowie an Anliegen, die als besonders erwähnenswert erschienen. Die Priorisierung diente in erster Linie als Hilfe während den Interviews selber, indem die Stichworte der 1. Priorität von jedem Interviewpartner behandelt werden mussten, von denjenigen der niedrigeren Prioritäten hingegen nur eine Auswahl beantwortet werden konnte. Zu jedem Stichwort der 1. und 2. Priorität wurde ein gezielter Fragekatalog zusammengestellt, der die Basis für die Befragungen darstellte. Die Interviewpartner konnten sich zu den Stichworten der 3. Priorität frei äußern (Details nicht gezeigt).

Tab. 22: Priorisierte Stichwortliste

	1. Priorität	2. Priorität	3. Priorität
A	Ährenfusarien	Ackerbohnen	alternative Kulturen
B	Boden	Biolandbau	Bodenverdichtungen
C			Cultan-Düngung
D		Düngung	
E		Eiweißerbsen Erosion	Erntemaschinen Erfahrung
F	Fruchtfolge		Futterbau
G	Glyphosat	Gerste	
H		Hafer	Herbizide Humusgehalt
I			
K		Kartoffeln Kosten Kunstwiesen	Kalkgehalt
L		Leguminosen	Langzeiteffekte
M	Mykotoxine	Mais Maiszünsler	Mulchschicht Mäuse
N			Nährstoffversorgung Naturwiese
O			
P	Problemunkräuter	Pflanzenkrankheiten Pflanzenschutzmittel	pH
Q			
R		Raps Regenwürmer	Reifendruck Radlast
S	Schnecken	Schädlinge Spreu Startdüngung Saattermin Saatmengen	Sortenwahl Sämaschinen Saatgutproduktion Schlüsselerlebnisse
T		Tragfähigkeit	Trockenheit
U		Unkräuter Unterfußdüngung	
V			
W		Weizen	Wasserhaushalt Weiterbildung Wünsche
X			
Y			
Z	Zwischenkulturen	Zuckerrüben	Zitate und Weisheiten

6.3.2 Auswahl der Interviewpartner

Es wurden insgesamt 20 Interviewpartner ausgewählt. Dabei wurde darauf geachtet, dass die Standorte über das gesamte Schweizer Mittelland verteilt sind (Abb. 23, Tab. 23). So konnte sichergestellt werden, dass die unterschiedlichen Standortbedingungen in der Schweiz abgedeckt sind. Leider ergaben sich keine brauchbaren Kontakte in die Südschweiz und in die alpennahen Gebiete, da dort die Direktsaat praktisch keine Bedeutung hat.

Weiter wurde bei der Auswahl der Interviewpartner darauf geachtet, dass unterschiedliche Berufsgruppen und verschiedene Anwendungsgebiete der Direktsaat berücksichtigt sind. Allerdings besitzen alle Beteiligten einen starken Bezug zur Praxis. Zudem wurde bewusst auf den Einbezug von Wissenschaftlern verzichtet, da im Rahmen dieses Projektes die Erfahrungen von Praktikern im Vordergrund standen.

6.3.3 Durchführung der Befragungen

Die Befragungen wurden alle durch die gleiche Person – Martin Häberli – durchgeführt (Anhang 2: CD mit den Interviews). So konnte die Kontinuität für alle Befragungen sichergestellt werden. Die Aufnahmen mit einem Diktiergerät und erste schriftliche Aufzeichnungen bildeten die Grundlage für die detaillierten Protokolle der Befragungen, die in der Folge durch Regula Schwarz und Martin Häberli erstellt wurden.

In einer Testphase mit vier Interviewpartnern (Jakob Gyger, Paul Junker, Franz Rösli und Andreas Wyssbrod) wurde das am Anfang des Projektes festgelegte Vorgehen überprüft und anschließend angepasst. Die Befragung der restlichen 16 Partner erfolgte dann nach einem leicht überholten Schema.

Nach Abschluss der Interviews wurden die Aussagen der einzelnen Interviewpartner anhand der Protokolle inhaltlich nach Stichworten getrennt zusammengefasst und für die Veröffentlichung (vgl. Kap. 6.3.4) umgeschrieben.

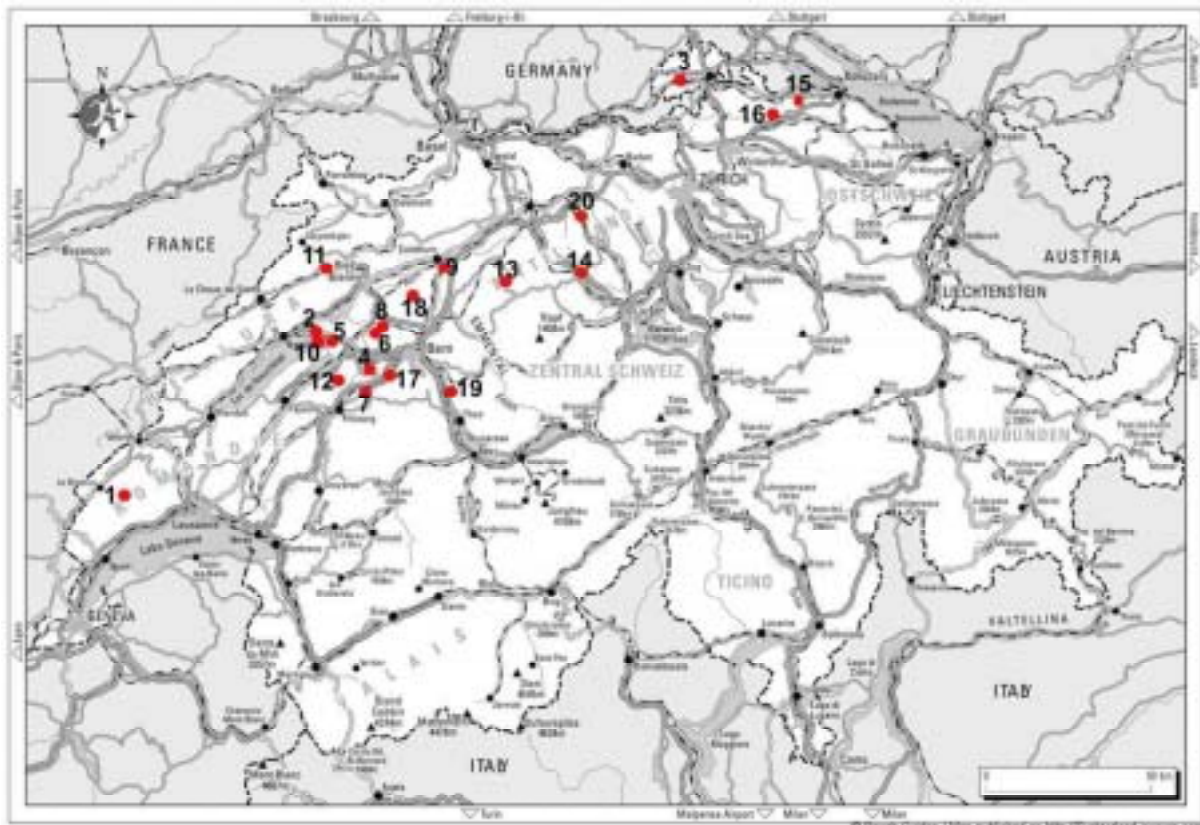


Abbildung 24: Standorte der einzelnen Interviewpartner (rot). Die Nummern der Standorte entsprechen der Beschreibung in Tabelle 23. (Quelle: <http://switzerland.isyours.com>)

Tab. 23: Liste der Partner, die sich für die Interviews zur Verfügung gestellt haben

Nr.	Name	Wohnort	Beruf	Tätigkeit
1	Bussy Jacky	Pampigny VD	Landwirt	Landwirt/Lohnunternehmer
2	Gyger Jakob	Gampelen BE	Landwirt	Landwirt/Lohnunternehmer
3	Gysel Peter	Wilchingen SH	Landwirt	Landwirt/Lohnunternehmer
4	Häberli Martin	Rosshäusern BE	Dipl. Ing.-Agr. FH	Landwirt
5	Hertach Martin	Sugiez FR	Dipl. Ing.-Agr. FH	Betriebsleiter
6	Hofer Peter	Seedorf BE	Dipl. Ing.-Agr. FH	Landwirt/Berater
7	Junker Paul	Wünnewil FR	Landwirt	Lohnunternehmer
8	Lauper Hanspeter	Wiler b. Seedorf BE	Landmaschinen- mechaniker-Meister	Lohnunternehmer
9	Lohm Theo	Biberist SO	Landwirt	Landwirt
10	Märki Bernhard	Witzwil BE	Landwirt	Landwirt
11	Merz Roland	Cortébert BE	Landwirt	Landwirt
12	Minder Reto	Jeuss FR	Landwirt	Landwirt/Lohnunternehmer
13	Minder Stefan	Rohrbach BE	Landwirt	Landwirt/Lohnunternehmer
14	Rösli Franz	Sempach LU	Landwirt	Landwirt/Lohnunternehmer
15	Schneider Max	Hörhausen TG	Landwirt	Landwirt
16	Steinmann Adolf	Ellikon ZH	Landwirt	Landwirt/Lohnunternehmer
17	Tröhler Max	Oberwangen BE	Landwirt	Landwirt
18	Wyss Beat	Oberramsern SO	Landwirt	Landwirt/Lohnunternehmer
19	Wyssbrod Andreas	Rubigen BE	Landwirt	Landwirt/Lohnunternehmer
20	Ziltener Christoph	Gränichen AG	Dipl. Ing.-Agr. ETH	Berater

6.3.4 Veröffentlichung der Ergebnisse

Neue Anbausysteme und insbesondere die Direktsaat entwickeln sich sehr rasch, entsprechend wandelt sich der Erfahrungsschatz der Beteiligten. Gemäss den Zielsetzungen dieses Projektes soll das Kommunikationsmedium für die Veröffentlichung des Direktsaat ABCs so gewählt werden, dass die Informationen zum Anbausystem auch nach Ablauf des Projektes einfach und rasch dem neusten Kenntnisstand angepasst werden können. Das Internet erfüllt diese Anforderungen ideal, sofern der einfache Zugang zu den Daten einer Homepage möglich ist. Alternativ wäre eine Veröffentlichung in gedruckter Form denkbar, wurde aber im Lauf der Projektarbeit wegen zu großem personellem und finanziellem Aufwand wieder verworfen. Zudem wären spätere Überarbeitungen im Vergleich zum Internet nur mit erheblichem Mehraufwand möglich.

Der Aufbau der eigentlichen Seite im Internet sollte so einfach wie möglich gehalten werden. Es wurde von der Projektgruppe folgender Aufbau vorgeschlagen:

- Einstiegsebene: Stichwortverzeichnis, Navigationshilfe
- Unterebene 1: Einzelne Stichworte
- Unterebene 2: Hintergrundinformationen
- Unterebene 3: Benutzerhinweise

Durch die Programmierung von geeigneten Navigationshilfen wird der Wechsel zwischen den Unterebenen und der Einstiegsebene ermöglicht.

Die SWISS NO-TILL unterstützt das vorliegende Projekt und hilft bei dessen Realisierung tatkräftig mit. Deshalb wurde der Projektgruppe - ohne Kostenfolge - uneingeschränkter Zugang zum Internet-Server der SWISS NO-TILL gewährt. Die vorläufige

Fassung des Direktsaat ABCs ist somit auf <http://www.no-till.ch> in der deutschen Version unter der Schaltfläche ‚Direktsaat ABC‘ aufgeschaltet.

Es ist vorgesehen, durch Artikel in der landwirtschaftlichen Fachpresse auf das Direktsaat ABC hinzuweisen. Ebenfalls wäre eine Publikation von einzelnen Stichworten denkbar. Schließlich wird an den kommenden Fachveranstaltungen der SWISS NO-TILL (Flurbegehungen, Jahrestagung) auf dieses neue Informationsmaterial hingewiesen. Ferner soll angestrebt werden, dass im Rahmen von weiterführenden Arbeiten unbedingt eine Übersetzung der Stichworte auf Französisch erfolgt.

6.4 Zusammenfassung und Ausblick

Die Vorteile der reinen Direktsaat sind unbestritten, ebenso die Risiken, die mit diesem Anbausystem verbunden sind. Beispielsweise im Zusammenhang mit der Gefährdung von Erntegütern durch Mykotoxine können nach aktuellem Wissensstand mit Direktsaat Risikosituationen hervorgerufen werden, die sich durch eine gezielte Information vermeiden lassen. Um diese Information sicherzustellen und zu verbessern, wurde im Rahmen dieses Projektes eine Stichwortsammlung zu relevanten Themen der Direktsaat erstellt und im Internet publiziert. Basis dieser Informationen waren Interviews von Praktikern, die anschließend inhaltlich zusammengefasst wurden. Es kann davon ausgegangen werden, so einen Beitrag zur weiteren Verbreitung dieses ökologisch wie ökonomisch vorteilhaften Anbausystems – nicht nur in der Schweiz – zu leisten.

Es bleibt zu hoffen, dass diese Initiative weiter verfolgt und das Wissen rund um das Anbausystem Direktsaat auch weiterhin gesammelt und verfügbar gemacht wird. Ebenfalls wäre es wertvoll, wenn die unter dem Stichwort ‚Wünsche‘ geäußerten Erwartungen der Praktiker insbesondere an die Adresse der landwirtschaftlichen Forschung von den zuständigen Stellen aufgenommen und konkretisiert würden.

E. HANDREICHUNGEN ´20 Fragen und Antworten zur pfluglosen Bodenbearbeitung am Oberrhein´

Methode:

Handreichungen für Entscheidungsträger sowie für Berater und Landwirte

Die Projektbeteiligten haben beschlossen, zwei Handreichungen von etwa zehn Seiten zu erstellen.

Die Erste ist für die politischen Entscheidungsträger bestimmt, die zweite für die Praktiker und für die landwirtschaftliche Beratung.

In beiden Fällen werden kurze, präzise Antworten auf die Fragen gegeben, die diese zwei Zielgruppen sich stellen.

Die Liste beinhaltet die relevanten Fragen, die von den Projektbearbeitern in Bezug auf die Anwendung pflugloser Bodenbearbeitungsverfahren am Oberrhein identifiziert wurden. Die Stellungnahmen, die von den Projektbeauftragten abgegeben wurden, stützen sich auf die Gesamtheit der Ergebnisse der zuvor vorgestellten Arbeiten und haben primär Geltung für das Untersuchungsgebiet Oberrhein.

1. HANDREICHUNG FÜR POLITISCHE ENTSCHEIDUNGSTRÄGER

Pfluglose Bodenbearbeitung und Erosion

Erosionsphänomene treten in der Region meist am Frühlingsende bei Starkniederschlägen in schluffreichen Hanglagen auf. Eine zweite, weniger oft erwähnte Form der Erosion betrifft die Parzellen am Rand von Flüssen oder Bächen, deren Wasserspiegel im Herbst und Winter, aber auch im Frühjahr stark ansteigen kann.

➤ Ist im Allgemeinen eine günstige Wirkung auf das Erosionsrisiko zu erwarten?

Alle Ergebnisse aus dem Projekt, die auf die regionalen Versuche, auf die Auswertung der Fachliteratur und auf die praktischen Erfahrungen der Landwirte am Oberrhein zurückgehen, zeigen systematisch eine positive Wirkung pflugloser Bodenbearbeitung auf die Vorbeugung von Erosionsschäden durch die erhöhte Wasseraufnahme- und Rückhaltefähigkeit ungepflügter Böden sowie durch die winterliche Oberflächenbedeckung mit Rückständen der vorhergehenden Kultur und die höhere Lagerungsdichte.

➤ Durch welche technischen Lösungen lässt sich das Erosionsrisiko senken?

Pfluglose Anbausysteme tragen nachweislich dazu bei, die Erosion zu begrenzen. Durch Pflugverzicht tritt im Laufe der folgenden 2-10 Jahre eine deutliche Erhöhung des Anteils

stabiler Aggregate speziell im Bereich von 0 – 2 cm Bodentiefe ein. Die Bodenaggregate sind widerstandsfähiger durch eine stabilere Anordnung, Niederschlagswasser infiltriert besser anstatt oberflächlich abzulaufen. Zusätzlich steigt die Lagerungsdichte des Bodens deutlich an. Der Oberboden ist dann weniger empfänglich für eine Abtrennung. Das Porenvolumen ist zwar geringer, aber im allgemeinen ausreichend um das Wasser abzuleiten. Im Allgemeinen entspricht die Bodentiefe, die erodiert werden kann, der Tiefe, die durch ein Werkzeug bearbeitet wurde. Dies gilt besonders dann, wenn die Bodenaggregate stark zerschlagen werden.

Zwei Hauptfaktoren charakterisieren die pfluglosen Anbausysteme :

Der Verbleib von Ernterückständen an der Bodenoberfläche und die Erhöhung der Bodendichte, die aber im Allgemeinen eine ausreichende Durchlässigkeit und Wasserhaltefähigkeit bewahrt.

Unterschiede in den Auswirkungen einzelner Verfahren:

- Direktsaatverfahren, die die Rückstände der Vorkultur vollständig an der Oberfläche belassen, sind durch eine hohe Bodendichte unter der bearbeiteten Schicht gekennzeichnet und hemmen die Erosion am wirksamsten. Die Pflanzenreste bremsen den schnellen Oberflächenabfluss des Wassers, das stattdessen von der trockenen Mulchschicht aufgesogen wird oder durch die Poren im Boden versickert.
- Die Mulksaatverfahren, bei denen eine Durchmischung von Boden und Ernterückständen bei unterschiedlichen Einmischungstiefen erfolgt, lockern den Boden mehr auf und sind etwas weniger wirksam. Sie belassen weniger Pflanzenrückstände an der Oberfläche, was die Strukturstabilität im Vergleich zur Direktsaat weniger fördert, aber sie schaffen eine raue Oberfläche, die die Abflussgeschwindigkeit und damit auch die Erosion herabsetzt.
- Techniken mit tiefer, nicht mischender Lockerung scheinen in ihren Auswirkungen dazwischen zu liegen.

Insgesamt lässt sich zusammenfassen, dass sich die erosionshemmende Wirkung pflugloser Anbaumethoden mit abnehmender Intensität des Eingriffs durch Bodenbearbeitung verbessert. Es ist hinzuzufügen, dass ein gelegentliches Pflügen die vorteilhaften Langzeiteffekte zerstört, die über mehrere Jahre pfluglosen Anbaus aufgebaut wurden.

➤ **In welchem Zeitraum nach der Umstellung auf pfluglose Bodenbearbeitung zeigen sich positive Wirkungen auf das Erosionsrisiko?**

Die Auswirkungen des Pflugverzichts auf die Erosion sind meist vom ersten Jahr der Einführung an sichtbar und verbessern sich im Laufe der Jahre mit der Erhöhung der Durchlässigkeit (Durchporung) des Bodens, die durch die Aktivität der Regenwürmer und durch Wurzeln der Hauptkulturen und der Zwischenfrüchte geschaffen wird, welche bei pfluglosem Ackerbau sehr häufig angebaut werden. Speziell der Anbau einer gut durchwurzelnden Zwischenfrucht (z.B. Ölrettich) zur Umstellung auf ein pflugloses

Verfahren schafft schnell einen erosionshemmenden Bodenzustand und beschleunigt den Umstellungsprozess.

Pflugloser Anbau und Gewässerschutz: Austrag von Nitrat, Phosphor und Pflanzenschutzmitteln

➤ Wie wirkt sich pfluglose Bodenbearbeitung auf das Risiko von Nitratverlagerung aus?

Die günstige Auswirkung des pfluglosen Ackerbaus auf die Reduzierung von Nitratverlagerung wird oft erwähnt, konnte aber in den regionalen Versuchen systembedingt nicht immer nachgewiesen werden. Die Nitrathinterlassenschaft der Kulturen ist allerdings von Jahr zu Jahr sehr unterschiedlich und kann andere, systembedingte Effekte überlagern.

Die Risiken der Nitratverlagerung hängen neben den Anbaupraktiken stark vom Bodentyp und der angebauten Kultur in Zusammenhang mit der Düngestrategie des Landwirtes ab. Bei Pflugverzicht erfolgt im Herbst/Winter meist nur eine oberflächliche Bearbeitung des Bodens (Stoppelbearbeitung) und systembedingt meistens die Aussaat einer Zwischenfrucht oder einer Winterkultur. Damit wird die Mineralisierung im Vergleich zum Pflügen weniger angeregt und gleichzeitig Reststickstoff von der neuen Kultur aufgenommen, was eine Reduktion der winterlichen Stickstoffgehalte bewirkt. In dieser Zeit ist die Gefahr von Stickstoffverlusten durch Nitratauswaschung erfahrungsgemäß am höchsten.

Gegenüber Pflugbewirtschaftung ist das Risiko einer Nitratbelastung des Grundwassers in der vegetationslosen Zeit nach Aussagen zahlreicher Fachleute bei Mulchsaat, v.a. aber bei Direktsaat, geringer. Verstärkt wird diese Wirkung durch die kontinuierlichen Makroporen, die sich nach mehrjährigem Pflugverzicht einstellen. Dadurch sickert weniger Niederschlagswasser durch die Bodenmatrix. Stattdessen wird – je nach Bodeneigenschaften – meist ein Großteil des Wassers über diese schnell dränenden Poren direkt in tiefere Bodenschichten abgeleitet, ohne dabei nennenswerte Mengen Nitrat auszuwaschen.

Zahlreiche Untersuchungen stellten bei Pflugbewirtschaftung höhere Reststickstoffgehalte im Herbst fest als bei Mulch- und Direktsaat. Sie nahmen meist über den Winter ab, was auf eine Auswaschung hindeutet. Auch im *Systemvergleich Bodenbearbeitung Baden-Württemberg* wurde über Winter ein höheres N-Auswaschungspotential bei Pflugbewirtschaftung gegenüber Mulchsaat oder Direktsaat festgestellt.

Im zeitigen Frühjahr stellt die Pflugbewirtschaftung allerdings mehr Stickstoff zur Verfügung. Die Tatsache, dass durch das Pflügen die Mineralisierung schneller in Gang kommt, wird von vielen Autoren und durch Aussagen aus der Praxis bestätigt. Dadurch wird bei der Umstellung auf ein pflugloses Anbausystem eine Anpassung der Düngestrategie notwendig.

Insgesamt muss die Düngestrategie an die pfluglosen Anbausysteme angepasst werden, da die Stickstoffdynamik der Böden unterschiedlich ist. Obwohl Pflugverzicht

Bedingungen schafft, die das Risiko von Nitratverlagerung vermindern können, können sie eine gute Anpassung der Dosierung und Applikationstermine stickstoffhaltiger Dünger nicht ersetzen.

➤ **Wie ist die Auswirkung pflugloser Bodenbearbeitung auf das Risiko des Eintrags von Phosphor in Oberflächengewässer?**

Unter pfluglosen Bedingungen wurden vor allem Phosphorverluste an der Oberfläche über Oberflächenabfluss und Bodenabtrag untersucht, dem wichtigsten Austragspfad von Phosphor bei Pflugverzicht. Diese Phosphorverluste sind reduziert. Bekannt ist, dass Phosphate und organisches P vorwiegend an Bodenteilchen (kleine Bodenteile, Humuskolloide, Schluff, Feinsand und Ton) gebunden (sorbiert) vorliegen und damit hauptsächlich über die Erosion dieser Bodenteilchen in die Gewässer gelangen. Von den diffusen Phosphoreinträgen in Gewässer, die durch die Landwirtschaft verursacht werden, stellt die erosionsbedingte Belastung mit einem Anteil von 85 % der Gesamteinträge die bedeutendste Quelle dar. Dadurch, dass erosionswirksamer Oberflächenabfluss deutlich vermindert wird (siehe Kapitel Erosion), wird auch die Belastung von Oberflächengewässern mit Phosphat reduziert.

➤ **Führt pfluglose Bodenbearbeitung zu einer Erhöhung des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln?**

Erhebungen bei französischen Landwirten zeigen, dass die Qualität der Unkrautbekämpfung und die Aufwandmenge an Wirkstoffen in erster Linie von den Fähigkeiten und Entscheidungen des Landwirts abhängt und nicht davon, ob gepflügt wird oder nicht. Totalherbizide wie Glyphosat werden nur von der Hälfte der pfluglos wirtschaftenden Landwirte am Oberrhein eingesetzt. Im Übrigen scheinen die damit verbundenen Risiken im Allgemeinen durch verschiedene Faktoren begrenzt zu werden: Einsatz nur zum Abtöten eines Zwischenfruchtbestandes, geringe Umweltbelastung durch umweltverträglichen Wirkstoff und niedrige Aufwandmenge.

Eine geschickte Kombination von Zwischenfrüchten und Kulturen kann zu einer Reduzierung des Herbizidaufwandes beitragen. Besonders der Wechsel von Blatt- und Halmfrüchten hat sich dort gut bewährt, da beispielsweise Ausfallgetreide in nachfolgenden Blattfrüchten gut bekämpft werden kann. Vereinzelt müssen in pfluglosen Anbausystemen höhere Herbizidmengen oder Schneckenkorn appliziert werden, deren Wirkung im Ökosystem kritisch zu betrachten ist, da die ökologischen Leistungen einer pfluglosen Bestellung dadurch verringert werden. Nach Aussagen der befragten regionalen Praktiker scheinen Schnecken im Untersuchungsgebiet allerdings kein großes Problem darzustellen.

Ein höherer Pflanzenschutzmittelaufwand ist dagegen gängige Praxis in den Vergleichsversuchen zur Bodenbearbeitung mit und ohne Pflug. Das gilt besonders für die Direktsaat, welche am Oberrhein bisher aber nur selten vorkommt.

➤ **Wie ist die Auswirkung pflugloser Bodenbearbeitung auf das Risiko der Verschmutzung von Oberflächengewässern und Grundwasser durch Pflanzenschutzmittel?**

Durch die Reduzierung der oberflächlich ablaufenden Wassermenge im Frühling vermindern die pfluglosen Bodenbearbeitungsverfahren den Eintrag von an Bodenteilchen sorbierten Pflanzenschutzmitteln in Oberflächengewässer. Die Auswirkungen auf die Verluste durch Auswaschung sind unterschiedlich. Sie sind potentiell höher bei Wirkstoffen mit geringer Adsorption sowie bei Direktsaat wegen der Regenwurmgänge, die durchgehende Poren schaffen, welche eine Verlagerung direkt ins Grundwasser ermöglichen. Allerdings wirkt die erhöhte Sorptionsfähigkeit durch den höheren Humusgehalt und die stärkere biologische Aktivität in dauerhaft ungepflügten Böden diesem Phänomen kompensierend entgegen. Eine Untersuchung in Hessen ergab bei Direktsaat trotz höherer Aufwandmengen weniger Auswaschung von Agrochemikalien als bei Pflugeinsatz. Das ist darauf zurück zu führen, dass Sickerungsvorgänge bei reduzierter Bearbeitung vornehmlich über weite, schnell dränende Bodenporen erfolgen und weniger Wasser durch die Bodenmatrix sickert.

Im Übrigen haben die pfluglos arbeitenden Landwirte am Oberrhein ihre Strategie der chemischen Unkrautbekämpfung in Mais verändert: Anstelle von Voraufbauherbiziden kommen überwiegend Nachaufbauherbizide mit besseren Umwelteigenschaften zum Einsatz. Die Bodenwirkung der Voraufbaumittel ist bei pflugloser Bodenbearbeitung reduziert, da die Ernterückstände auf der Bodenoberfläche wie ein Schirm wirken. So kommt das Mittel gar nicht auf den Boden und kann nicht wirken.

Pfluglose Bodenbearbeitung und der Treibhauseffekt

➤ **Wie ist bei pfluglosen Bodenbearbeitungsverfahren die CO₂-Bilanz, die Kohlenstoffbindung und der Energieaufwand?**

Die Reduzierung des CO₂-Ausstoßes ist eine der großen Herausforderungen des Kyoto-Protokolls, das den Unterzeichnerstaaten konkrete Ziele zur Reduzierung von Treibhausgasen auferlegt. Die Bilanz pflugloser Verfahren ist positiv. Durch das Belassen von Pflanzenresten an der Bodenoberfläche kann die Landwirtschaft eine zusätzliche Kohlenstoffanreicherung in den oberen Bodenhorizonten bewirken, die je nach Verfahren und bodenklimatischen Bedingungen zwischen 0,4 und 1,4t C/ha/a betragen kann. Dabei entspricht jede Tonne im Boden fixierter Kohlenstoff 3,7 t CO₂, um die die Atmosphäre entlastet wird. Diese Effekte werden durch den bei Pflugverzicht üblichen Anbau von Zwischenfrüchten verstärkt, die ebenfalls CO₂ aus der Luft als organische Substanz im Boden fixieren.

Außerdem erfordern die flachen Bearbeitungsverfahren (meist nur auf Saatbetttiefe) einen geringeren Verbrauch an Treibstoff als das Pflügen (mit Ausnahme der Tiefenlockerung, die einen ähnlichen Kraftstoffbedarf wie das Pflügen hat).

Untersuchungen haben gezeigt, dass der Dieserverbrauch bei Direktsaat um 44 l/ha gesenkt werden kann, was zu einer Entlastung der Atmosphäre um 134 kg CO₂/ha*a führt.

Für die meisten befragten Landwirte ist die Reduzierung der Betriebskosten eine der Hauptmotivationen für den pfluglosen Anbau, die sich allerdings in verschiedenen Strategien äußert: Weniger und sparsamere Bearbeitungsgänge mit höherer Schlagkraft und geringerem Treibstoffbedarf, Reduzierung der Phosphat- und Kalidüngung, Einführung von Kulturen in der Fruchtfolge, die den atmosphärischen Stickstoff binden (Leguminosen). Dadurch wird der Einsatz von mineralischen Stickstoffdüngern gesenkt, die in der industriellen Herstellung sehr energieaufwändig sind. Mineralstickstoffdünger stellen indirekt den Hauptenergieverbrauch eines Ackerbaubetriebes dar.

➤ **Wie wirkt sich pfluglose Landwirtschaft auf die Emission anderer Treibhausgase wie z.B. N₂O aus?**

Die positiven Auswirkungen der Kohlenstofffixierung auf den Treibhauseffekt können durch die N₂O-Emission (Lachgas) zunichte gemacht werden, da dieser Stoff 296 Mal wirksamer ist als CO₂. Diese Emissionen von Lachgas treten bevorzugt auf, wenn mehrere Bedingungen erfüllt sind, zum Beispiel eine Getreide- oder Mais-Direktsaat in schwere Tonböden mit häufiger Wassersättigung. Direktsaat reduziert in den ersten Jahren das Porenvolumen und begünstigt somit das Auftreten von Situationen mit Luftmangel, bei denen Stickstoff durch Mikroorganismen zu klimaschädlichem Lachgas umgewandelt werden kann. Derartige Verhältnisse sind am Oberrhein jedoch selten.

Die pfluglose Bodenbearbeitung und die ökonomische Situation der regionalen Landwirtschaft

➤ **Beeinträchtigt pfluglose Bodenbearbeitung die Erträge und die Produktionskosten der Hauptkulturen?**

In einer Übergangsphase von drei bis sieben Jahren nach der Umstellung auf pfluglosen Anbau können die Erträge unter Umständen leicht sinken, bis sich ein neues Gleichgewicht im Boden eingestellt hat. Dies gilt vor allem, wenn die Umstellung sehr groß ist und nicht durch eine geeignete Kultur vorbereitet wurde (Extremfall: Direktsaat ohne Übergang mit 10-20% Ertragseinbußen in Versuchen).

Danach pendeln sich die Erträge bei den meisten Kulturen auf ein Niveau ein wie beim Pflügen. Bei spezifischen Problemen wie z.B. Verschlammung, Erosion, Vernässung und blockiertem Abbau von organischer Substanz können die pfluglos erwirtschafteten Erträge auch höher sein als bei Pflugbewirtschaftung. Dagegen können die Erträge stark sinken, wenn beim Übergang zwischen den beiden Anbausystemen Fehler gemacht werden oder wenn die Flächen in nassem Zustand befahren oder bearbeitet wurden.

Die Auswirkung des Überganges zu pfluglosem Anbau auf die Einzelkomponenten der Produktionskosten ist sehr unterschiedlich. Nach zahlreichen Berechnungen und auch nach Aussagen der regionalen Praktiker sind die Kosten bei Mulchsaat und Direktsaat insgesamt

geringer. Die Kraftstoff- und Arbeitskosten sind niedriger. Dagegen kann sich der Landwirt genötigt sehen, mehr Pflanzenschutzmittel (z.B. Glyphosat, Herbizide gegen Wurzelunkräuter) einzusetzen und Winterzwischenfrüchte anzubauen. Hohe Investitionen zur Beschaffung spezieller Sämaschinen und Bodenbearbeitungsgeräte, die bei Pflugverzicht notwendig werden, sind nur bei einer großen Flächenleistung rentabel. In Regionen, wo der pfluglose Anbau nicht so verbreitet ist, dass Geräte im Lohnverfahren oder gemeinsam mit anderen Landwirten eingesetzt werden können, kann sich für den Einzelbetrieb eine hohe Belastung durch die Anfangsinvestitionen ergeben. Durch Anpassungen auf den Betrieben vorhandener Geräte können die Investitionen gemindert werden, aber dadurch begrenzen sich auch die Vereinfachungsmöglichkeiten. Letztendlich wird die Wirtschaftlichkeit eines landwirtschaftlichen Anbauverfahrens (Deckungsbeitrag) zum einen von der Höhe der Erträge geprägt, zum anderen durch die unterschiedlichen Kosten der Produktion.

Die pfluglosen Verfahren zeigen auch bei ökologischen Aspekten wie Bodenerosion und Nitrat auswaschung zum Teil deutliche Vorteile, die allerdings derzeit nur teilweise geldlich an die Landwirtschaft vergütet werden.

➤ **Wie wirken sich pfluglose Anbauverfahren auf die Qualität bestimmter Erntegüter aus?**

Häufig diskutiert wird der Einfluss nichtwendender Bodenbearbeitung auf die Verunreinigung von Getreide mit gesundheitsschädlichen Mykotoxinen, die durch den Fusariumpilz hervorgerufen werden. Erwiesenermaßen ist der Haupteinflussfaktor für die Verbreitung des Pilzes eine ungünstige Fruchtfolge. Im Zusammenwirken mit pfluglosem Anbau kann dies allerdings zu einer beträchtlich erhöhten Menge des Toxins bei Getreide führen. Die Strohrückstände an der Oberfläche sind die Hauptquelle der Infektion der Folgekultur durch den Fusarium-Pilz. Diejenigen pfluglosen Anbausysteme, die eine Fruchtfolge aus Mais und Getreide oder Maismonokultur beinhalten, scheinen also besonders gefährdet zu sein. Dies kann ab 2006 wegen der Einführung neuer Grenzwerte zu Schwierigkeiten bei der Vermarktung von pfluglos angebautem Getreide führen, obwohl z.B. der Einfluss der Vorkultur auf den Mycotoxingehalt des folgenden Getreides nachweislich deutlich höher ist. Die Erhebungen sollten deshalb dringend um Versuche vor Ort vertieft werden.

Die Aussagen aus der Forschung zu diesem Problem beziehen sich auf drei Kernpunkte:

- Die Züchter arbeiten an der Entwicklung von weniger anfälligen Sorten (frühere Maissorten).
- Fruchtfolgen, die neue Kulturen integrieren, könnten eingeführt werden, bewirken aber unter den gegenwärtigen Bedingungen der EU Agrar- und Marktpolitik z.T. erhebliche Einkommenseinbußen für die Landwirte.
- Im Bereich der Produktionstechnik sollten Verfahren eingesetzt werden, die eine schnelle Umsetzung des Strohs der Folgekultur bewirken, so dass der Pilz nicht darin überdauern kann.

Ein anderer Aspekt der Qualität von Getreide ist der Proteingehalt. Bei Sommergerste ergab der *Systemvergleich Baden-Württemberg* erhöhte Proteinwerte für Direktsaat im Vergleich zur Pflugbestellung und Mulchsaat. Damit besteht bei Direktsaat ein größeres Risiko, dass Braugerste zu Futtergerste wird. Winterweizen reagierte auf Direktsaat mit verminderten Rohproteingehalten gegenüber der Pflugbestellung oder Mulchsaat. Beim Raps scheint das Anbauverfahren kaum Einfluss auf den Ölgehalt zu haben, wohl aber auf den Ertrag, so dass der Ölertrag bei Direktsaat geringer ausfiel.

➤ **Führt die Umstellung auf pfluglose Anbauverfahren zu einer Änderung der Fruchtfolgen?**

Wirtschaftliche Gründe hindern viele Landwirte daran, ihre Fruchtfolge aufzulockern, obwohl die Einführung eines nachhaltigen pfluglosen Anbauverfahrens oft mit einer mehrgliedrigen Fruchtfolge verbunden ist. Aus finanziellen Gründen behält Mais einen überwiegenden Anteil in den Fruchtfolgen am Oberrhein, trotz der Schwierigkeiten hinsichtlich der Unkrautunterdrückung und der Erhaltung einer guten Bodenstruktur.

Der Aufbau der Fruchtfolge ist jedoch eines der effektivsten Werkzeuge des Pflanzenbauers, auch wenn der Stellenwert der Fruchtfolge häufig von ökonomischen Überlegungen und intensivem Einsatz von Pflanzenschutz- und Düngemitteln überlagert wird. Durch den Wechsel von Halm- und Blattfrucht kann eine einseitige Selektion spezifischer Unkräuter vermieden werden. Spezifische Herbizide gegen Ungräser in der Blattfrucht und breitblättrige Unkräuter in der Halmfrucht können den Erfolg der Unkrautbekämpfung bedeutend verbessern. Der Anbau von Weizen nach Mais sollte nach Möglichkeit vermieden werden, da in diesem Fall für den Weizen eine erhöhte Gefahr von Fusariuminfektion besteht (siehe Kapitel Krankheiten). Empfohlen werden Fruchtfolgen mit Körnerleguminosen und Raps.

Können alle Betriebe pfluglose Bodenbearbeitungsverfahren einsetzen?

➤ **Fähigkeiten des Landwirts, Vereinbarkeit mit Ökolandbau**

Dieser Punkt wird unter dem Aspekt der Vereinbarkeit mit Tierhaltung bzw. Ökolandbau behandelt, gemeinsam mit Fragen zur Betriebsgröße und der Qualifikation des Landwirts.

Pfluglose Anbauverfahren können auf sehr kleinen bis hin zu sehr großen Betrieben etabliert werden. In kleineren Betrieben, wie sie am Oberrhein vorkommen, gibt es verschiedene Alternativen: Beauftragung eines Lohnunternehmers mit Bodenbearbeitung und Saat, Verwendung von herkömmlichen Geräten, Beschaffung von Spezialgeräten, die dann im Lohn auch auf anderen Betrieben eingesetzt werden oder gemeinschaftliche Anschaffung von Spezialmaschinen. Die pfluglosen Anbautechniken stellen höhere Anforderungen an den Landwirt. Sie erfordern eine besonders gute Kenntnis der Böden und deren Funktionsprinzipien. Außerdem ist eine intensive Beobachtung insbesondere während der Umstellungsphase notwendig. Obwohl pfluglose Verfahren und ökologischer Landbau in vielen Bereichen und vor allem

in ihren Zielen kompatibel sind (Aufrechterhaltung der Fruchtbarkeit der Böden; Reduzierung der Herstellungskosten), muss der Leiter eines Ökobetriebes auf die Unterstützung chemischer Pflanzenschutzmittel zur Unkrautregulierung verzichten, was schnell zu einem unüberwindbaren Problem werden kann, welches dann den Landwirt zwingt, in bestimmten Jahren zu pflügen.

Viehhaltenden Betrieben bieten sich vor allem durch den im pfluglosen Anbau üblichen Zwischenfruchtanbau im Herbst gute Möglichkeiten einer Futternutzung im Frühjahr. Darüber hinaus erleichtert die bessere Tragfähigkeit ungepflügter Böden ein verdichtungsfreies Befahren zur Ausbringung von Wirtschaftsdüngern.

➤ **Welche Vorbereitung und technischen Rahmenbedingungen sind für die Umstellung wünschenswert?**

Angesichts der hohen Anforderungen, die speziell mit der Auswahl und Einführung eines standortangepassten pfluglosen Verfahrens zusammenhängen, scheint die technische Begleitung der Landwirte überaus wichtig, um den Erfolg zu gewährleisten und die Betriebe vor Fehlern und negativen Erfahrungen zu bewahren. Dies sollte vor der Umstellung durch eine gründliche Untersuchung der Böden und durch eine individuelle Beurteilung der Möglichkeiten und Potenziale pflugloser Anbautechniken auf dem Betrieb verwirklicht werden:

- Bodenprofilanalyse,
- Auswahl eines geeigneten Verfahrens und einer Kultur je nach Zustand der Bodenstruktur zu Beginn der Umstellung,
- Möglichkeiten der weiteren Nutzung vorhandenen Materials und notwendige Investitionen.

Anschließend muss der Landwirt bei jedem Abschnitt der Umstellung die Möglichkeit der Inanspruchnahme einer Individualberatung sowie zum Austausch mit anderen pfluglos wirtschaftenden Landwirten im Rahmen eines Netzwerks haben.

➤ **Welche finanzielle Unterstützung ist wünschenswert?**

Landwirte stellen ihren Betrieb aus verschiedenen, insbesondere ökologischen, arbeitswirtschaftlichen und agronomischen Gründen auf pfluglose Anbausysteme um. Insgesamt ist die Auswirkung des Pflugverzichts auf die Qualität der Böden (Erosionsschutz, Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit) und der Gewässer (Reduzierung der Verlagerung von Nitrat und Pflanzenschutzmitteln in Gewässer) positiv zu beurteilen. Allerdings erfordert die Umstellung auf ein pflugloses Anbausystem in den ersten Jahren meist Investitionen in neue Maschinen und verursacht unter Umständen Ertragseinbußen. Dies bedeutet ein erhebliches Umstellungsrisiko und belastet die finanzielle Situation der Betriebe.

Ein Ausgleich der Ertragsverluste und eine Hilfe für die Einführung neuer Kulturen (in Form einer Unterstützung für die Einführung von Fruchtfolgen) während der Übergangszeit sollte in Betracht gezogen werden, um Landwirte anzuregen, diese Techniken bei begrenztem Risiko in ihrem Betrieb einzuführen. Außerdem sollten

spezifische Investitionshilfen für die Anschaffung von Spezialgeräten zur pfluglosen Bodenbearbeitung gewährt werden, begleitet von einer technischen Beratung zur Vermeidung von Fehlinvestitionen.

Betriebswirtschaftliche Auswertungen zeigen, dass pfluglose Bodenbewirtschaftungssysteme auf geeigneten Standorten langfristig gesehen v.a. durch die Reduzierung der Bestellungskosten (Arbeitszeit und Treibstoffverbrauch) eine wichtige Strategie zur Reduzierung der Anbaukosten darstellen können.

➤ **Welche zusätzlichen Maßnahmen sollten ergriffen werden, um die erfolgreiche Umsetzung der pfluglosen Bodenbearbeitung am Oberrhein sicherzustellen?**

Eine bessere Beratung und Vernetzung der pfluglos wirtschaftenden Betriebe sowie eine präzisere Bewertung der wirtschaftlichen Folgen von Pflugverzicht scheinen unentbehrlich, um diese Techniken in der Praxis zu verbreiten. Sie könnten sich auf ein Netzwerk stützen, das der Verbreitung der Erfahrungen der Pioniere des pfluglosen Anbaus dient.

Außerdem bestehen noch wenig Erfahrungen zu bestimmten Aspekten, so dass eine Evaluierung der Erfahrungen und lokale, aber praxisnahe Systemversuche zu folgenden Themen sinnvoll erscheinen:

- Empfindlichkeit der pfluglosen Systeme bezüglich Mykotoxinbelastungen
- Möglichkeiten des pfluglosen Anbaus auf schwerem, tonigen Boden, die für diese Techniken am wenigsten geeignet zu sein scheinen
- Praxisnahe betriebswirtschaftliche Auswertungen der existierenden Betriebe
- Möglichkeiten der Direktsaat unter Begrünung

2. HANDREICHUNG FÜR BERATER UND LANDWIRTE

Die Merkmale des Bodens bei pflugloser Bodenbearbeitung

- **Welche Diagnostik meiner Böden und meiner Parzellen sollte ich vornehmen, bevor ich mich zum pfluglosen Anbau entschieße? Welche Untersuchungen sind später notwendig?**

1. Diagnose der Ausgangssituation:

Die Ermittlung des Bodentyps ergänzt um Bodenprofilaufnahmen auf einigen Schlüsselflächen sind absolut notwendig, um über die Art der auf einem Bodentyp durchzuführenden Maßnahmen zu entscheiden. Diese Diagnose der Bodenstruktur und insbesondere seiner Porosität, welche von einem erfahrenen Landwirt selbst vorgenommen werden kann, ist Voraussetzung für eine Entscheidung über die Notwendigkeit einer Bodenlockerung auf eine bestimmte Tiefe in Abhängigkeit von der Bodenverdichtung im Verlauf des Profils. Gibt es eine Pflugsohle, die aufzubrechen ist oder andere Strukturprobleme, die zu einer tiefgehenden Bodenbearbeitung Anlass geben?

2. Diagnosen im weiteren Verlauf:

Vor jeder Entscheidung über eine Maßnahme der Bodenbearbeitung ist der Abtrocknungsgrad des Bodens festzustellen, da die Folgen von Fehlern schwerer wiegen als bei Bodenbearbeitungssystemen mit Pflug.

Die Verminderung der Bodenbearbeitungstiefe und der Einsatz von nichtwendenden Werkzeugen bringen häufig auch eine Veränderung der Verteilung der Nährstoffe mit geringer Mobilität im Bodenprofil mit sich (z.B. P, K, Ca und Humus). Es wurde festgestellt, dass der pH-Wert des Oberbodens bei unbearbeiteten Böden oft schneller absinkt als bei gepflügten Böden, was auf die Anreicherung und die Zersetzung von organischer Substanz zurückzuführen ist. Einer Versauerung des Oberbodens, die leicht auftritt, wenn der Boden nur oberflächlich bearbeitet wird, kann zu Ertragseinbußen führen. Dem sollte durch regelmäßige Überprüfung und ggf. Kalkung entgegen gewirkt werden.

- **Wie schnell wird sich mein Boden umstellen?
In welcher Frist werden die vorteilhaften Wirkungen wahrnehmbar?
(Organische Substanz, Erosionsschutz...)**

Die Umstellungszeit von einem gepflügten Boden zu einem an pfluglose Bodenbearbeitungsverfahren angepassten Boden dauert mehrere Jahre.

Eine merkliche Verbesserung des Bodens im Bereich des ehemaligen Pflughorizontes ist erst nach zwei bis vier Jahren nach der Umstellung feststellbar. Die positiven Effekte auf die Erosionsstabilität und die Tragfähigkeit der Böden stellen sich zuerst ein. Nach sechs bis zehn Versuchsjahren konnte bei (pflugloser) konservierender Bearbeitung eine signifikante Erhöhung des Gehalts an organischer Substanz im Oberboden, eine Erhöhung des Gehalts an pflanzenverfügbarem Wasser, eine Verbesserung der Aggregatstabilität sowie eine erhöhte Luftleitfähigkeit im Bereich von 5-30 cm nachgewiesen werden, die auf eine Verbesserung der Porosität und der Porenkontinuität

zurück geführt wurde. Beim Ertrag kann es in den ersten Jahren nach der Umstellung zu Einbußen kommen.

Die positiven Effekte scheinen sich mit steigendem Extensivierungsgrad der Bodenbearbeitung zu verstärken. Aber das Risiko von Ertragseinbußen steigt.

➤ **Ist pflugloser Anbau auf schweren Böden möglich? Auf feuchten Böden?**

Schwierigkeiten bei der Einführung pflugloser Anbauverfahren bestehen hauptsächlich auf stark tonigen Böden mit Staunässe während einem Teil des Jahres. Die verfügbaren Bearbeitungszeiträume sind verkürzt, die Struktur dieser Böden ist leichter verdichtbar und die Erträge sind oftmals niedriger als bei Pflugbewirtschaftung. Diese Böden werden von manchen ansonsten pfluglos wirtschaftenden Landwirten vollständig gepflügt. Die schlechte Abtrocknung dieser Böden, besonders bei Pflugverzicht, erlaubt nicht immer eine Bearbeitung unter optimalen Bedingungen. Einige wenige lokale Praktiker beweisen allerdings, dass gute Ergebnisse mittels eines gewissen Know-How erzielt werden können, und dass diese Böden durch konservierende, pfluglose Bearbeitung verbessert werden können, wenn diese bei optimalen Bodenbedingungen durchgeführt werden. Verdichtungen z.B. durch Bearbeitung bei zu hoher Bodenfeuchte müssen dabei unbedingt vermieden werden. Erreichbar sind unter diesen Bedingungen eine bessere Wasserinfiltration, bessere Zersetzung des organischen Materials und langfristig eine deutlich bessere Abtrocknung der Böden im Frühjahr, so dass die Bearbeitbarkeit dieser „Minutenböden“ erleichtert wird und sich das Zeitfenster für die notwendigen Arbeitsgänge vergrößert.

➤ **Sind besondere Fähigkeiten oder eine besondere Technik notwendig?**

Pfluglose Produktionssysteme sind anspruchsvolle Techniken mit hohen Anforderungen an den Landwirt. Sie erfordern ein umfassendes Verständnis der Funktionsprinzipien der Böden, um die optimalen Zeitpunkte zur Bodenbearbeitung auszuwählen. Eine gründliche Überwachung des Bestandes und der Entwicklung der Unkräuter, deren Zusammensetzung und Dynamik sich durch den Pflugverzicht ebenfalls ändern kann, ist insbesondere während der Übergangsphase nach dem Pflügen wichtig.

Die Umstellung impliziert auch eine gewisse "psychische" Anpassung an den optischen Eindruck der Parzellen. Bei vielen Landwirten scheint das veränderte Erscheinungsbild der Bodenoberfläche mit den darauf verbliebenen Ernteresten nach Pflugverzicht immer noch den Eindruck eines 'unsauberen' Ackers hervorzurufen.

Vielerorts scheint das Berufsbild des 'guten' Landwirtes nach wie vor mit der Strategie des „reinen Tisches“, also einer gepflügten Bodenoberfläche ohne jegliche Pflanzenreste, verbunden zu sein.

Die optische Veränderung, die mit der Einführung pflugloser Verfahren einher geht, kann zu Spannungen mit Nachbarn und Berufskollegen in der Region führen, umso mehr, als dass oftmals pfluglos wirtschaftende Betriebe der Infektion von Nachbarflächen mit Krankheiten und Unkrautsamen bezichtigt werden.

Ein weiterer, ebenfalls optisch wirksamer Aspekt, ist durch das Abspritzen der Zwischenfrucht im Frühjahr begründet. Diese Herbizidanwendung bleibt durch die absterbende, sich braun verfärbende Winterbegrünung eine oder mehrere Wochen auch für Laien deutlich erkennbar und kann, ungeachtet ihrer moderaten Umweltwirkung, besonders in touristischen Gebieten zu einem negativen Image der Landwirtschaft beitragen.

➤ **Gibt es funktionierende Beispiele pflugloser Anbausysteme für Standorte, die den Flächen in meinem Betrieb ähnlich sind?**

Dank den Untersuchungen, die bei Landwirten am Oberrhein durchgeführt wurden, konnten beispielhafte, in der Praxis bewährte Anbausysteme beschrieben werden. Jedes Anbauverfahren wird im Zusammenhang mit der Kultur, der Fruchtfolge und dem Bodentyp dargestellt. Im Anhang werden alle Bewirtschaftungsmaßnahmen und die eingesetzten Geräte nebst den Einsatzvoraussetzungen beschrieben. Dabei wird eine große Anzahl der am Oberrhein vorkommenden Standortverhältnisse abgedeckt.

Die Geräte und Bearbeitungsverfahren bei pflugloser Bodenbearbeitung

➤ **Muss ich über eine spezielle Ausrüstung verfügen (wesentliche Gerätschaften, insbesondere zur Bodenbearbeitung. Zusätzliche Instrumente, um eine gute Bodenstruktur aufrechtzuerhalten)?**

Allgemein gilt, je stärker die Bodenbearbeitung reduziert wird, desto mehr sind Spezialgeräte erforderlich: Sämaschinen für die Direktsaat, aufgesattelte oder gezogene neuartige Stoppelbearbeitungsgeräte, Kammeggen. Die auf den Betrieben vorhandenen herkömmlichen Bodenbearbeitungsgeräte können weiterhin nützlich sein, manchmal jedoch mit einigen Anpassungen.

Pfluglose Systeme stellen höhere Anforderungen an die Qualität der Stoppelbearbeitung und Saat. Konventionelle Drillmaschinen mit Schleppscharen, die auch im Anbausystem mit Pflug eingesetzt werden, eignen sich für Flächen mit Stoppelbearbeitung. Sie bringen allerdings nur selten den für Direktsaat nötigen hohen Schardruck auf. Die Maisaussaat sollte mit Sämaschinen erfolgen, die mit Strohräumern, vorzugsweise in Sternform, ausgerüstet sind, um die Ernterückstände aus der Saatreihe zu räumen. In der Tat erhöhen die Vorfruchtückstände das Verstopfungsrisiko bei Werkzeugen mit feststehenden Zinken. Die Ausstattung von Mähdreschern mit Strohhäckslern und -verteiltern erscheint unumgänglich.

Jede Bewirtschaftungsmaßnahme muss eine Verschlechterung der Bodenstruktur vermeiden und dazu beitragen, den Boden eben zu halten. Breite Niederdruckreifen oder Zwillingsreifen sowie Stützwalzen sind zu bevorzugen. Letztere drücken an, ebnen ein und regulieren die Arbeitstiefe.

Die traditionellen Zinkenwerkzeuge eignen sich zur Lockerung, Stoppelbearbeitung und für die Saatbettbearbeitung. Sie müssen einen größeren Zinkenabstand aufweisen, um Verstopfungen vorzubeugen. Unter trockenen Einsatzbedingungen können Scheibenwerkzeuge eine bessere Vermischung von Ernterückständen und Boden bewirken.

Durch den Einsatz eines Grubbers im Herbst oder Winter kann neben einer besseren Einmischung von Stroh eine Verbesserung des Gefüges (Frostgare) erreicht werden. Gut geeignet sind auch vierbalkige Schwergrubber, die auf vielen Betrieben am Oberrhein vorhanden sind. Durch den Einsatz spezieller Zweischichtgrubber können in besonderen Fällen zusätzlich Verdichtungen im Wurzelbereich gelockert werden. Solche Tiefenlockerungsmaßnahmen bringen allerdings nur bei nachfolgender Durchwurzelung eine nachhaltige Verbesserung. Sie sind auf ein Mindestmaß zu beschränken. Für das Gelingen pflugloser Verfahren entscheidender als das Gerät ist der Grad der Abtrocknung des Bodens.

➤ **Nach welchen Kriterien soll ich mich zwischen den verschiedenen Formen pflugloser Bodenbearbeitung entscheiden?**

Jeder im Projekt befragte Landwirt hat im Laufe der Zeit seine individuelle, standortangepasste Anbaustrategie entwickelt, was zeigt, dass es viele Umsetzungsmöglichkeiten gibt und dass eine individuelle Beratung erforderlich ist. Wichtig ist, vor der Umstellung der gesamten Fläche kleine Varianten der Bodenbearbeitung anzulegen, um aus dem Vergleich bei unterschiedlicher Intensität der Bodenbearbeitung (v.a. Einmischen und Lockern) standortspezifische Erfahrungen zu sammeln und Entscheidungssicherheit für die Zukunft zu gewinnen. Dies kann während der ersten Lernphase mit vorhandenen eigenen Geräten und/oder mit spezieller Technik von pfluglos arbeitenden Berufskollegen realisiert werden.

Die Wahl der Art pflugloser Bodenbearbeitung stellt einen Kompromiss zwischen verschiedenen Zielsetzungen dar:

Persönliche Motivation und Risikobereitschaft des Landwirts, Möglichkeit und Willen zur Anpassung des bestehenden Materials oder zu Investitionen in Spezialgeräte, Bedingungen aufgrund von Böden, Kulturen und Anbausystemen.

Die zahlreichen Funktionen des Pflügens müssen ersetzt werden:

- Einmischung von Pflanzenresten und Rückständen an der Bodenoberfläche,
- Lockerung des Oberbodens,
- Beschleunigung der Bodenerwärmung,
- Bildung des Saatbettes,
- Verteilung von Feinerde und Klumpen
- Einebnung des Bodens,
- Unterdrückung von Unkräutern, Schädlingen und Krankheiten,
- Einarbeitung von Wirtschafts- und Mineraldüngern.

Einige dieser Funktionen kann ein umgestellter Boden durch seine verbesserten Eigenschaften selbst erfüllen (z.B. Lockerung durch höhere biologische Aktivität). Die Änderung des Anbausystems muss aber auch die Wirtschaftlichkeit des Betriebes erhalten und die Anforderungen des Betriebsleiters z.B. an die Reduzierung der Arbeitszeit, erfüllen. Verbesserungen in einigen der genannten Bereiche werden unter Umständen auf Kosten anderer Bereiche gehen. Die geeignete Anbaustrategie ergibt sich aus den individuellen Prioritäten. Je stärker die Bodenbearbeitung reduziert wird, desto wichtiger werden Spezialgeräte und die Fruchtfolge. Speziell der pfluglose Anbau von Monokulturen lässt sich nur mit einer exakten Anpassung der Sätechnik, einer Bodendeckung durch Zwischenfrucht, einer effizienten Unkrautbekämpfung und einem guten Management der Ernterückstände zu bewerkstelligen.

➤ **Ist zu Beginn eine Tiefenlockerung notwendig?**

Die Umstellung der Bodenbearbeitung von Pflugbearbeitung auf ein pflugloses Anbausystem hat im Allgemeinen eine Erhöhung der Lagerungsdichte des oberflächennahen Bodenhorizonts (5-25 cm) zur Folge. Direkt unter dem oberflächennahen Horizont ist die Lagerungsdichte des Bodens bei Bearbeitung mit dem Pflug meist höher, was sich als Hemmnis für eine gute Porenentwicklung bei pflugloser Bearbeitung erweisen kann.

Die Entscheidung über eine Tiefenlockerung zu Beginn der Umstellung lässt sich am besten anhand einer Bodenprofiluntersuchung treffen, die die Ausgangssituation bei den Bodenporen im Bereich des bisherigen Pflughorizonts ermittelt. Frühjahrshackfrüchte wie Mais reagieren empfindlicher auf Verdichtungen wie z.B. Wintergetreide.

Sicherheitshalber wird deshalb in den ersten Jahren speziell vor Mais eine Bodenlockerung durchgeführt, bis es zu einer natürlichen Verbesserung der Porenbildung in Form einer biologischen Lockerung durch Regenwürmer und Wurzelkanäle der Kulturen und Zwischenfrüchte kommt. Nach und nach kann schrittweise auf die mechanische Tiefenlockerung verzichtet werden.

Die Tiefenlockerung kann sich gegebenenfalls auf das Vorgewende oder Fahrspuren beschränken, wo erfahrungsgemäß höhere Verdichtungen auftreten als beim restlichen Boden. Neben einer mechanischen Lockerung zur Umstellung auf pfluglosen Anbau kann auch die Möglichkeit einer Lockerung durch eine gut aufschließende Übergangskultur wie z.B. Ölrettich in Betracht gezogen werden, was schonender für die Bodenstruktur ist und den Boden gut durchwurzelt. Befahrungsversuche ergaben unter Direktsaat gegenüber Pflugbewirtschaftung eine bis zu 50 % geringere Abnahme des Markoporenvolumens. Dieser Umstand hat seinen Grund in der deutlich höheren Tragfähigkeit des Bodens, die auch von zahlreichen Praktikern beschrieben wird. Darüber hinaus nimmt, je nach eingesetzten Verfahren, die Befahrungsintensität bei pfluglosen Anbausystemen gegenüber der Pflugbewirtschaftung bis zum Dreifachen ab, was sich unmittelbar im geringeren Treibstoffverbrauch niederschlägt.

Die Bestandesführung im pfluglosem Anbau

➤ Was geschieht mit den Pflanzenrückständen?

Um Ertragseinbußen und Unkrautprobleme zu vermeiden, die häufig auf mangelhaften Feldaufgang und lückige Bestände zurückzuführen sind, sollte einem gezielten „Strohmanagement“ besondere Beachtung geschenkt werden. Wichtig sind das feine Häckseln und die gleichmäßige Strohverteilung durch den Mähdrescher, gefolgt von einer oberflächlichen Einmischung in den Boden. Der Boden sollte dafür abgetrocknet, aber noch nicht ausgetrocknet sein. Dieser kostengünstige Bearbeitungsgang mit hoher Flächenleistung bewirkt, dass Ausfallgetreide und Unkräuter durch das Auflockern des Strohs, das Ausschütteln der Samen und durch flaches Anritzen des Bodens zum Keimen angeregt und die nachfolgenden Arbeitsgänge erleichtert werden. Auch auf den Ernterückständen sitzende Krankheitserreger und Schädlinge können so leichter abgebaut werden. Wenn das Ausfallgetreide das 3- bis 4-Blattstadium erreicht hat, kann ein Totalherbizid eingesetzt werden. Die in der Literatur oft empfohlene diagonale Bearbeitung mit dem Strohstriegel ist aufgrund der Betriebsstruktur am Oberrhein wegen der meist kleinen Parzellen kaum anwendbar.

Unvollständig abgefrorene Zwischenfruchtbestände (z.B. Phacelia) müssen nicht zwingend mit Herbiziden behandelt werden, sondern können auch mit Kreisel- oder Scheibenegge eingearbeitet werden. Gemähter, nicht chemisch abgetöteter Winterraps kann bei Wiederaustrieb dadurch bekämpft werden, dass durch Walzen der austreibenden Pflanzen der empfindliche Vegetationskegel abgebrochen wird.

➤ Ist es zwingend notwendig, die Fruchtfolge umzustellen?

Wirtschaftliche Gründe hindern viele Landwirte daran, ihre Fruchtfolge aufzulockern, obwohl die Einführung eines nachhaltigen pfluglosen Anbauverfahrens oft mit einer mehrgliedrigen Fruchtfolge verbunden ist. Aus finanziellen Gründen behält Mais einen überwiegenden Anteil in den Fruchtfolgen am Oberrhein, trotz der Schwierigkeiten hinsichtlich der Unkrautunterdrückung, der Erhaltung einer guten Bodenstruktur und seinem Potential bezüglich der Ausbreitung von Fusariosen.

Der Aufbau der Fruchtfolge ist vielleicht eines der effektivsten Werkzeuge des Pflanzenbauers, auch wenn der Stellenwert der Fruchtfolge häufig von ökonomischen Überlegungen und intensivem Einsatz von Pflanzenschutz- und Düngemitteln überlagert wird. Durch den Wechsel von Halm- und Blattfrucht kann eine einseitige Selektion spezifischer Unkräuter vermieden werden. Spezifische Herbizide gegen Ungräser in der Blattfrucht und breitblättrige Unkräuter in der Halmfrucht können den Erfolg der Unkrautbekämpfung bedeutend verbessern. Ein Anbau von Weizen nach Mais ist heute zu vermeiden, da der auf Mais folgende Weizen einem hohen Risiko des Fusarienbefalls mit einer Mykotoxinbelastung über den zulässigen Werten ausgesetzt ist. Die Aufnahme neuer Fruchtfolglieder (Eiweißpflanzen und Kreuzblütlern) ist in Betracht zu ziehen.

➤ **Ist pfluglose Bodenbearbeitung kompatibel mit Beregnung?**

Die Untersuchungen bei den regionalen Praktikern zeigen, dass die Anbausysteme mit Maismonokultur und Beregnung auch bei Umstellung auf pfluglose Bodenbearbeitung beibehalten werden, da sie am rentabelsten sind, insbesondere im Elsass. Die Effekte der pfluglosen Bearbeitung bleiben wechselhaft: Durch Beregnung wird Bodenstruktur zerstört und der Boden verdichtet, weshalb häufiger gelockert werden muss. Auch nehmen ausdauernde Unkräuter zu. Andererseits wird die Wasserinfiltration verbessert und der Bodenabtrag in die Gewässer stark reduziert. Auch kann die Anzahl der Beregnungsgänge reduziert werden, da sich die nutzbare Feldkapazität des Bodens verbessert.

➤ **Werde ich durch pfluglose Bearbeitungsverfahren Mykotoxinprobleme bekommen?**

Konservierende Bodenbearbeitungsverfahren in einer angepassten Fruchtfolge führen nach verschiedenen Untersuchungen nicht systembedingt zu einem verstärkten Auftreten von Krankheiten bei Getreide, Raps und Zuckerrüben. Ein stärkerer Befall mit der Fusarium-Ährenkrankheit geht primär auf eine enge oder ungünstige Fruchtfolge zurück.

Die im Gebiet häufig vorkommenden Fruchtfolgen Mais-Mais und Mais-Weizen sind bei pflugloser Bodenbearbeitung besonders riskant, insbesondere bei Direktsaat. In Jahren mit entsprechendem Witterungsverlauf kann es aber unabhängig vom Bodenbearbeitungsverfahren zu hohen Mykotoxinbelastungen kommen, auch beim Pflug.

Das Auftreten von Fusarien in Getreide und Mais ergibt sich aus vier Faktoren:

- ein Klima, das für die Krankheit günstig ist (feucht und mild zur Blüte),
- das infektiöse Potential der Vorfrucht (besonders hoch bei Mais),
- ungeeignete Behandlung der Ernterückstände (Stroh und Stoppeln nach der Ernte fein häckseln und einmischen, um die biologische Umsetzung zu beschleunigen)
- Empfindlichkeit der angebauten Kultur bzw. Sorte.

Der größte negative Einfluss geht dabei von der Vorfrucht Mais aus, nicht vom Bodenbearbeitungsverfahren. Auch bei einem Anbau von Weizen nach Weizen sind die Risiken für einen Fusarium-Befall erhöht, allerdings nicht in dem Maße wie nach Mais. Andere Weizen-Vorfrüchte als Mais führen zu relativ geringen Mykotoxingehalten. Sommergetreide oder eine Blattfrucht nach Mais sowie eine Verringerung von Mais in der Fruchtfolge insgesamt wären die geeignetsten Maßnahmen zur Reduzierung der Fusariumkrankheit am Oberrhein.

Nach Raps wurde in Versuchen in der Schweiz über alle Bewirtschaftungsverfahren ein gleicher Fusarienbefall des Weizens fest gestellt, der sich insgesamt auf deutlich geringerem Niveau bewegte als bei Weizen nach Mais.

Für Weizen, der pfluglos nach Mais gesät wird, kann durch die Wahl einer unempfindlichen Sorte der Mykotoxingehalt gegenüber anfälligen Sorten um mehr als 50% reduziert werden. Außerdem ist die Wahl einer standortangepassten Maissorte, die eine Ernte vor dem 1. November erlaubt, anzuraten.

In Situationen, in denen trotz der getroffenen Maßnahmen ein Befall mit Fusarium-Arten befürchtet werden muss (hohe Feuchtigkeit zur Getreideblüte), ist die Anwendung eines Fungizids zum Zeitpunkt der Blüte eine weitere Maßnahme, um den Befall zu reduzieren.

Der alleinige Gebrauch von Strobilurinen zu Getreide begünstigt toxinbildende Fusarien, so dass Mischungen mit Triazolen zu bevorzugen sind. Weiterhin wurde festgestellt, dass Bohrgänge des Maiszünslers den Fusarienbefall von Mais begünstigen können. Eine großzügige Düngung sowie der Einsatz von Wachstumsreglern wirken sich ebenfalls nachteilig aus. Der Anbau einer Gründüngung sowie die Mistdüngung mit flacher Einarbeitung begünstigen dagegen den Abbau der Ernterückstände von Mais durch eine Erhöhung der biologischen Aktivität.

Zur Unterstützung einer zügigen Umsetzung der Erntereste der Vorkultur mit weiten C/N-Verhältnis kann speziell bei pflugloser Bewirtschaftung eine zusätzliche Stickstoffgabe, z.B. in Form von Gülle oder AHL, (Ammonnitrat-Harnstoff-Lösung) zur Herstellung eines engeren C/N-Verhältnisses beitragen. Stickstoffgaben im Herbst sind allerdings aus Gewässerschutzgründen kritisch zu betrachten und werden kontrovers diskutiert. Sie sollten nur auf geeigneten, nicht zu flachgründigen oder durchlässigen Standorten angewendet werden und müssen sehr vorsichtig dosiert sein, da ein Austrag über Winter vermieden werden muss. Zusammen mit einer sorgfältigen Zerkleinerung (Stoppelbearbeitung mit Exakthäcksler) und einer guten oberflächlichen Einmischung (z.B. mit einer Scheibenegge) wird eine zügige Rotte begünstigt, die einem Fusarienbefall der Folgekultur entgegen wirkt.

Die Kombination dieser Maßnahmen führte bei den Praktikern zu zufriedenstellenden Ergebnissen, auch für den pfluglosen Anbau von Getreide nach Mais. Letztendlich gibt es nur wenige Situationen, in denen wegen Fusariumproblemen auf die Anwendung bodenschonender Bearbeitungsverfahren verzichtet werden muss.

➤ **Wie wird sich der Unkrautdruck entwickeln? Was kann ich dagegen tun?
Welche Strategien zur Unkrautbekämpfung sind sinnvoll?**

Die Umstellung auf pfluglosen Anbau beeinflusst die Populationsdynamik der Unkräuter, so dass sich Artenzusammensetzung und Dichte allmählich verändern, was durch das Unterbleiben der tiefen Untermischung der Unkrautsamen durch den Pflug begründet ist. Das bewirkt langfristig eine Reduzierung des Samenvorrates, die in Direktsaat durch die Wirkung des Mulchs verstärkt wird. Meist erfolgt eine Abnahme zweikeimblättriger Arten und eine Zunahme einkeimblättriger Arten (Gräser wie Ackerfuchsschwanz, jährige Risse, Tresse) und mehrjähriger Wurzelunkräuter (Quecke, Distel). Die regionalen Erhebungen zeigen allerdings, dass das Problem der mehrjährigen Unkräuter primär mit

der Maismonokultur in Zusammenhang steht, nicht so sehr von den Techniken der Bodenbearbeitung abhängt und sich zum Teil durch tiefere Bearbeitung reduzieren lässt.

Trotz eines eventuell stärkeren Unkrautdrucks in bestimmten Fällen ist deren Unterdrückung mit den derzeitigen Herbiziden durchaus möglich. Eine Anpassung der Pflanzenschutzstrategie ist gegebenenfalls notwendig, muss aber nicht systematisch zu einer Erhöhung des Herbizideinsatzes führen. Die Wirksamkeit von Bodenherbiziden wird durch die oberflächliche Mulchschicht stark reduziert, deshalb sollte der Einsatz dieser Produkte vermieden werden.

Eine wichtige Rolle beim pfluglosen Anbau spielen Totalherbizide. Ausfallgetreide, Durchwuchs und Problemunkräuter können vor oder nach der Einsaat, jedenfalls aber vor dem Auflaufen der Hauptkultur durch die Herbizidanwendung beseitigt werden. Der Einsatz dieser Produkte, die allerdings nur von rund 50 % der befragten Landwirte am Oberrhein eingesetzt werden, stellt eine Ergänzung der Pflanzenschutzmaßnahmen dar und muss dabei nicht unbedingt einen Mehraufwand an Herbiziden bedeuten, da unter Umständen nachfolgende Spritzungen eingespart werden können. Die mechanische Unkrautbekämpfung wie z.B. eine Saatbettbereitung im Zeitraum zwischen zwei Kulturen, reduziert den Auflauf in der Kultur beträchtlich, sofern genügend Zeit zur Verfügung steht. Das ist bei Mais in Monokultur jedoch selten der Fall. Eine oberflächliche Bearbeitung vor der Direktsaat (modifizierte Direktsaat) kann z.B. Unkräuter zum Auflaufen anregen und Schnecken bekämpfen.

Insgesamt ergab eine Umweltverträglichkeitsprüfung für die Unkrautbekämpfung die Note "gut" für einige pfluglos wirtschaftende Betriebe, insbesondere für ihren Maisanbau. Vorauflaufmittel sind im pfluglosen Anbau zu vermeiden, da die Bodenwirkung dieser Produkte bei durch die aufliegende Mulchschicht stark reduziert ist.

Im Übrigen bleibt der Erfolg und die Qualität der Unkrautbekämpfung hauptsächlich von der Fruchtfolge abhängig. In Mais-Weizen-Fruchtfolgen ist die Unkrautbekämpfung beispielsweise sehr viel einfacher als im Monomais. In einem zehnjährigen Dauerversuch mit Wechsel von Blatt- und Halmfrucht konnte der Besatz mit Dikotylen und Windhalm z.B. um 50% verringert werden, was auf den geringeren Samenvorrat im Oberboden zurückzuführen ist. Zusätzlich zu chemischen und mechanischen Maßnahmen können durch Zwischenfrüchte und damit verbundene Nährstoff- Wasser- und Lichtkonkurrenz Unkräuter unterdrückt werden.

In einer getreidebetonten Fruchtfolge zeigte sich dagegen ein stark zunehmender Besatz mit Windhalm. Der Ungrasproblematik kann z.B. durch eine vollständige Bekämpfung von Gräsern im Raps entgegen gewirkt werden.

➤ **Werde ich mehr Probleme mit Schädlingen haben?**

Grundsätzlich werden durch lange Phasen der Bodenruhe nicht nur Populationen von Nützlingen, sondern auch Schädlinge wie z.B. Schnecken gefördert. Die Erfahrungen mit Schneckenproblemen sind sehr unterschiedlich. Sie scheinen vor allem bei Kreuzblütlern oder an bestimmten Zwischenkulturen aufzutreten. Außer dem Einsatz von Schneckenkorn, das neben ökologischen Nachteilen auch dazu beiträgt, durch erhöhten Pflanzenschutzaufwand die finanziellen Vorteile reduzierter Bodenbearbeitung zu mindern, bieten sich folgende Verfahren der Bekämpfung an:

- nach der Stoppelbearbeitung, Saatbettbereitung und der Aussaat Walzen, um Hohl- und Schlupfräume zu verringern,
- frühe und tiefe Saat,
- Beachtung der Anfälligkeit bei der Sortenwahl,
- „grüne Brücken“ vermeiden (zeitweiser Entzug der Nahrungsgrundlage durch Wechsel zwischen Winter- und Sommerfrucht mit Abtöten von Ausfallgetreide im Herbst),
- Einsatz von Kalkstickstoff oder Branntkalk (z. B. vor Winterweizen oder Triticale),
- kurzes Strohhackeln sowie gleichmäßige Strohverteilung.

Außerdem können die Schäden durch Mäuse empfindliche Verluste verursachen, wenn die Oberfläche des Bodens nicht bearbeitet und dadurch gestört wird.

➤ **Muss ich die Stickstoffdüngung meiner Kulturen ändern?**

Bei der Abstimmung der Stickstoffdüngung auf ein pflugloses Anbausystem - vor allem bei Anwendung von Direktsaat - ist zu berücksichtigen, dass die Bodenerwärmung im Frühjahr langsamer verläuft und sich das Mineralisationsverhalten pfluglos bewirtschafteter Flächen verändert.

Bei der Düngerform sollten schnellwirkende Dünger (AHL, KAS) bevorzugt werden, bei Harnstoff oder Kalkstickstoff kann die höhere Enzymaktivität des Bodens vermehrte Ammoniakverluste verursachen. Deswegen ist der Nitratgehalt zu Vegetationsbeginn in der Regel niedriger als auf gepflügten Flächen, was eine Erhöhung der Startgabe nötig machen kann, insbesondere wegen verzögerter Mineralisierung und bei Direktsaat auch wegen geringerer Bodendurchwurzelung. Damit lässt sich die Jugendentwicklung von Mais fördern. In den Phasen hoher Mineralisation (ab Mai) kann die Düngung reduziert werden, so dass der N-Aufwand in der Summe etwa gleich bleibt.

Viele Praktiker aus der Region berichten, ihre Düngestrategie bei der Umstellung der Bodenbearbeitung nicht verändert zu haben, wenngleich es in bestimmten Jahre im nachhinein betrachtet sinnvoll gewesen wäre. Probleme traten bei unveränderter Düngung insbesondere in Form von Stickstoffmangel bei Winterweizen nach Mais und in Form von schlechter Jugendentwicklung von Mais in kalten Frühjahren auf.

In der Umstellungsphase ist in reinen Ackerbaubetrieben vor allem auf inaktiven, schweren Böden ohne organische Düngemittel mit einem höheren Stickstoffaufwand zu rechnen, der seine Ursache im Aufbau von Dauerhumusformen hat. Vor allem, wenn hohe Strohmenge der Vorfrucht auf dem Acker verbleiben, kann z.B. zu Winterraps und Wintergerste auf bestimmten Standorten bereits im Herbst eine leichte N-Düngung für eine bessere Strohumsetzung sorgen. Dabei ist darauf zu achten, dass eine Nitrat auswaschung über Winter aus Gewässerschutzgründen zu vermeiden ist.

Wie kann ich weiterhin organische Dünger einsetzen (Gülle, Mist, Kompost)?

Wirtschaftsdünger können auf pfluglos bewirtschafteten Böden problemlos eingesetzt werden. Festmist und Kompost müssen gut zerkleinert und gleichmäßig verteilt werden.

Die Ausbringung von größeren Mengen an Frischmist kurz vor der Aussaat ist zu unterlassen.

Speziell die höhere Tragfähigkeit der Böden bei Pflugverzicht erleichtert das Ausbringen von Mist, wenn im Winter keine ausreichend tiefen Temperaturen zum unschädlichen Befahren der Flächen bei Frost erreicht werden. Gülle kann entweder direkt flach eingearbeitet oder ohne Einarbeitung im zeitigen Frühjahr in den lebenden Zwischenfruchtbestand ausgebracht werden.

➤ **Kann ich dieselben Vorteile erwarten, wenn ich pfluglose Bodenbearbeitung nur bei bestimmten Kulturen der Fruchtfolge anwende?**

Schon einmaliges Pflügen zerstört viele vorteilhafte Entwicklungen pfluglos bearbeiteter Böden. Insgesamt zeigen einschlägige Veröffentlichungen, dass sich eine Verbesserung des Bodenzustandes infolge der nachweislich höheren biologischen Aktivität bei Pflugverzicht erst langfristig einstellt. Besonders die Aggregatstabilität in den obersten Zentimetern des Bodens begünstigt Keimung und Entwicklung der Pflanzen, indem sie Phänomene wie Verschlammung und Erosion reduziert und die Durchlässigkeit der Bodenoberfläche für Wasser und Luft erhöht. Der Anteil stabiler Aggregate im Bereich 0 – 2 cm bei pflugloser Bestellung ist nach 2-10 Jahren besser als bei Pflugfurche. Schon ein einmaliges Pflügen vergräbt diesen Oberflächenhorizont und zerstört die stabilen Poren, die durch Wurzeln und Regenwürmer entstanden sind.

Technische und wirtschaftliche Ergebnisse der pfluglosen Bodenbearbeitung

➤ **Gibt es Auswirkungen auf den Ertrag?**

Die Erträge pflugloser Anbausysteme können in der Umstellungsphase für einige Jahre um 5 bis 15% reduziert sein, bis sich ein neues Gleichgewicht im Boden eingestellt hat. Diese Übergangsphase ist um so länger, je stärker und schneller die Reduktion der Bodenbearbeitung stattfindet (Extremfall Direktsaat ohne Übergang). Danach stellen sich erfahrungsgemäß wieder Erträge auf demselben Niveau ein wie beim Pflügen.

Ertragsminderungen bei Pflugverzicht sind auf qualitativ guten Standorten und auch auf sandigen Böden am wenigsten zu erwarten. Dagegen sind bei verschlammenden Böden, beregneten oder staunassen lehmigen Tönen und bestimmten Tonböden, die sich schlecht strukturieren, Ertragseinbußen einzuplanen. Regelmäßige Tiefenlockerung dieser Böden rechtfertigt sich vor allem zu Mais, wenn die Struktur geschädigt ist. Dort kann sie oft einen deutlichen Anstieg der Erträge bewirken.

Allerdings ist auch hier, vor allem in der Umstellungsphase, auf eine gründliche Düngerbedarfskalkulation zu achten. Zur Umstellung auf ein pflugloses Anbausystem sollte außerdem eine sorgfältige Auswahl von standortangepassten Kulturen durchgeführt werden.

Ertragseinbußen unter pfluglosen Bedingungen sind häufig auf Probleme mit der Aussaat zurückzuführen. Als kritische Phase und Ursache von Ertragsverlusten bei

pflugloser Bodenbearbeitung gilt der Feldaufgang. Fehlender Bodenschluss bei der Aussaat ist die Hauptursache für mangelnden Feldaufgang. Außerdem geht ein z.T. gravierender Einfluss von der Vorfrucht aus. Besonders Vorfrüchte, die viel Stroh hinterlassen, führen häufig zu Problemen bei der Saatgutablage von Winterungen. Der demzufolge schlechtere Feldaufgang kann als wesentlicher Faktor für den Ertragsrückgang angegeben werden, besonders für den Mais, wie mehrere lokale Versuche beweisen.

In Baden-Württemberg wurden in einer langjährigen Versuchsreihe im Mittel über alle Kulturen Ertragsabnahmen gegenüber Pflugbewirtschaftung (100%) von 6% durch Mulchsaat und 14% durch Direktsaat festgestellt. Die Hauptfrüchte reagierten allerdings sehr unterschiedlich auf die Bestellsysteme. Wintergerste und Winterraps reagierten mit am empfindlichsten. Zu beachten ist, dass in diesen Versuchen lediglich die Art der Bodenbearbeitung variiert wurde, eine Anpassung der Dünge- und Pflanzenschutzstrategie an die Bedürfnisse pflugloser Anbausysteme aber nicht erfolgte. Auch der Einsatz geeigneter Technik (z.B. Direktsämaschine für die Variante Direktsaat) war in den Versuchen nicht sichergestellt, so dass hier keine optimalen Ergebnisse erzielt werden konnten. Verschiedene andere Untersuchungen für Mais in Baden-Württemberg und der Schweiz, die in einem systemischen Versuchsansatz die Ansprüche der einzelnen Anbausysteme berücksichtigten und angepasste Technik einsetzten, ergaben keine signifikanten Ertragseinbußen.

Auch die Erhebungen auf pfluglos wirtschaftenden Betrieben zeigten, dass die Praktiker oft ein besseres Ergebnis erzielen als wissenschaftliche Versuche ohne Systemansatz. Letztere haben oft höhere Ertragseinbußen bei pfluglosen Systemen, da aus Vergleichbarkeitsgründen oft starre Regeln und ceteris paribus-Bedingungen eingesetzt werden, die für die pfluglosen Verfahren oft keine optimalen Bedingungen bei den pfluglosen Varianten zulassen. Eine intensive Beobachtung und die Möglichkeit einer kurzfristigen Reaktion auf Probleme oder Bedürfnisse des Bestandes sind nicht immer sichergestellt.

So wird die reine Direktsaat zum Beispiel nie mehrere Jahre hintereinander praktiziert. Sie kommt eigentlich nur vereinzelt bei Wintergetreide zum Einsatz.

➤ **Kann ich durch pfluglose Bodenbearbeitung meine Produktionskosten senken oder riskiere ich, dass sie steigen?**

Mit Ausnahme der Aussagen von Landwirten, die aktuell pfluglose Bodenbearbeitungsverfahren einsetzen, gibt es für das Gebiet am Oberrhein nur wenige exakte Aufzeichnungen. Die Auswirkungen der Umstellung auf die Einzelkosten der Anbaukosten sind sehr unterschiedlich. Nach Berechnungen und auch nach Aussagen der regionalen Praktiker sind die Gesamtkosten des Anbaus bei Mulchsaat und Direktsaat allerdings niedriger.

Pflugloser Anbau kann unter Umständen zu einem höheren Einsatz an Pflanzenschutzmitteln führen (v.a. Glyphosat und Wirkstoffe gegen Wurzelunkräuter) sowie zu vermehrtem Anbau von Zwischenfrüchten über Winter. Dies ist jedoch nicht zwingend. Durch die z.T. hohen Investitionen für den Kauf von speziellen Sämaschinen und Bodenbearbeitungsgeräten empfiehlt es sich, diese Geräte auf einer großen Fläche

einzusetzen. In Regionen, wo pfluglose Bodenbearbeitung noch nicht sehr verbreitet ist, um eine gemeinsame Benutzung mit mehreren Landwirten oder den Einsatz im Lohnverfahren zu erlauben, bleibt die Belastung durch Investitionen für den Einzelbetrieb sehr hoch. Durch Anpassung der auf den Betrieben vorhandenen Maschinen kann das Investitionsniveau gemildert werden. Dadurch werden allerdings die Vereinfachungsmöglichkeiten der Bodenbearbeitung begrenzt. Die Kosteneinsparungsmöglichkeiten durch eine gemeinschaftliche Nutzung der Maschinen sind im Falle der reduzierten Bodenbearbeitung erheblich. Bei Direktsaat sind in den Bereichen Treibstoff und Arbeitszeit Einsparungen von bis zu 50% möglich.

Insgesamt wird die Wirtschaftlichkeit eines landwirtschaftlichen Anbauverfahrens (Deckungsbeitrag) zum einen von der Höhe der Erträge, zum anderen durch die unterschiedlichen Kosten der Produktion geprägt und ist damit von den Verhältnissen im Einzelbetrieb abhängig. Zusätzlich zeigen die pfluglosen Verfahren in ökologischen Aspekten wie Erosionsschutz und Verminderung der Nitratbelastung der Gewässer zum Teil deutliche Vorteile. Diese werden derzeit jedoch nur teilweise, bei Teilnahme an Agrar-Umwelt-Programmen wie MEKA oder CAD geldlich an die Landwirtschaft vergütet.

➤ **Macht pfluglose Bodenbearbeitung mehr oder weniger Arbeit?**

Durch pfluglosen Anbau kann die Arbeitszeit, unabhängig von der Betriebsgröße, deutlich reduziert werden.

Bei der Umstellung auf ein pflugloses Bodenbearbeitungssystem wurden in Baden-Württemberg über alle Kulturen bei der Arbeitserledigung durchschnittlich Einsparungen an Arbeitszeit von 2,2 Akh/ha für Mulchsaat und 3,3 Akh/ha für Direktsaat errechnet. Kurzfristig, d.h. ohne Einsparungen durch Maschinenabstockung, ist mit einer Kostenreduktion von rund 61,- €/ha*a durch Mulchsaat und rund 81,- €/ha*a bei der Umstellung auf Direktsaat zu rechnen. Den Einsparungen muss gegebenenfalls eine rückläufige Marktleistung gegenübergestellt werden, sofern die Umstellung mit Ertragseinbußen verbunden ist.

Auch andere betriebswirtschaftliche Auswertungen zeigen, dass das Einsparpotential im Ackerbau insbesondere in den Bereichen Arbeitszeit und Kosten der Arbeitserledigung liegen. Pfluglose Bodenbewirtschaftungssysteme können dafür eine wichtige Strategie darstellen. In kleineren Betrieben, wie sie am Oberrhein vorherrschen, kommen bei pfluglosen Verfahren in der Regel Lohnunternehmer zum Einsatz. Die Kosten für Lohnmaschinen steigen deshalb gegenüber der Pflugbearbeitung an, die normalerweise mit eigenem Gerät erfolgt. Der Rückgriff auf einen Lohnunternehmer für die Bodenbearbeitung ist gerade für kleinere Betriebe oft günstiger als die Benutzung eigener Maschinen, die auf einer kleinen Fläche nicht ausgelastet sind und sich daher nicht amortisieren.

F. Ausblick: Wie geht es weiter mit der pfluglosen Bodenbearbeitung?

Die im Rahmen dieses Projektes gesammelten Informationen und Stellungnahmen lassen uns auf die Anfragen von Praktikern und Entscheidungsträgern antworten, dass die Verfahren der pfluglosen Bodenbearbeitung am Oberrhein von Interesse und praktikabel sind.

Eine wichtige Feststellung ist jedoch, dass diese Verfahren nicht alleine auf den Pflugverzicht reduziert werden dürfen, sondern dass diese Grundsatzentscheidung einhergehen muss mit vertieften Überlegungen zur Bodenbearbeitung, die das Pflügen ersetzen soll (Welche Geräte für welchen Bodenzustand und welchen Profilaufbau?). Außerdem müssen alle anderen Anbaumaßnahmen mit überdacht werden und Entscheidungsregeln zur Anwendung kommen, mit denen auf die damit geschaffenen neuen Bedingungen für die Etablierung und das Wachstum der Kulturen reagiert werden kann.

Die Vielfalt der von Landwirten mit Erfolg unter der gemeinsamen Bezeichnung 'pfluglos' realisierten Anbauverfahren ist deshalb groß. Die gängige Bezeichnung der reduzierten Bodenbearbeitungsverfahren sollte eigentlich aufgegeben werden, da sie ein verfälschtes Bild vom Verzicht auf den Pflug vermittelt: Mit der Aufgabe des Pflügens beginnt für den Landwirt eine Zeit starker Verunsicherung und großer Herausforderung seiner landbaulichen Kenntnisse, in der er sich eine neue Anbaustrategie für diese Art der Kulturführung setzen muss.

In Anbetracht der nachgewiesenen Vorteile dieser Verfahren hinsichtlich Vermeidung von Oberflächenabfluss und Erosion sowie Einsparung von Zeit und Energie stellt sich die Frage nach einer größeren Verbreitung. Dafür müssen, ausgehend vom aktuellen Stand, verschiedene Fragen beantwortet werden:

- Aus Sicht der bereits praktizierenden Landwirte ist die Effizienz unter bestimmten Bedingungen, wie z.B. schweren Böden, zu verbessern. Einige Maßnahmen wie die Stickstoffdüngung und das Zwischenfrucht- und Strohmanagement sind technisch noch zu verfeinern.
- Aus Sicht von Handel und Verarbeitern sind Anbauregeln festzulegen, mit denen die Einhaltung der Mykotoxingrenzwerte auch bei pflugloser Bearbeitung gewährleistet werden kann.
- Aus Sicht der Entscheidungsträger der öffentlichen Hand stellt sich die Frage nach der Umweltbilanz über die Vorteile bei der Erosionsbekämpfung hinaus sowie nach den technischen Rahmenbedingungen, mit denen sich die Erosionsbekämpfung sicherstellen lässt.
- Aus Sicht der Landwirte, die noch pflügen, aber an einer Umstellung interessiert sind, geht es primär um Hilfestellung für einen möglichst risikoarmen Wechsel des Anbausystems.

Zusammengefasst geht es um die Perfektionierung einiger technischer Aspekte, die weitere Evaluierung der Umweltbilanz und die Beratung von Umstellungsbetrieben.

Verbesserung bestimmter technischer Aspekte ...

... durch Einbeziehung des Erfahrungsschatzes bereits pfluglos arbeitender Landwirte

Die durchgeführten Erhebungen haben eine große Beobachtungsgabe und Innovationsfähigkeit der pfluglos arbeitenden Landwirte unter vielfältigen Betriebsverhältnissen gezeigt. Außerdem sind diese sehr an technischer Beratung interessiert. Man könnte sich vorstellen, dieses informelle Netzwerk zu aktivieren, um damit in Gruppenarbeit die offenen Fragen anzugehen und mit dessen Unterstützung die dabei entwickelten Lösungsansätze zu erproben. Fragen zur Anpassung von Bodenbearbeitungsgeräten, der Etablierung von Zwischenfrüchten, zur pfluglosen Bearbeitung unter schwierigen Bedingungen (z.B. schwere, feuchte Böden) ließen sich so bearbeiten. Agraringenieure aus Forschung und Beratung würden sich an den Überlegungen der Gruppe beteiligen und dabei seine Kenntnisse über die Funktionsweise von Böden und vom Ökosystem Acker einbringen sowie die notwendigen Erhebungen anstellen, die eine objektive Erfolgsbeurteilung erlauben. Dabei würde die regionale Datensammlung kontinuierlich um vor Ort erprobte Lösungen bereichert.

... und durch 'Systemversuche' für umfangreichere Fragestellungen

Bestimmte Fragen lassen sich jedoch nicht ohne mehrjährige Versuche beantworten, mit denen die Ergebnisse verschiedener technischer Lösungen im Wechselspiel mit unterschiedlicher Witterung und den mittelfristig im Boden und auf dem Schlag eintretenden Veränderungen beobachtet werden können. Der simple Vergleich Pflug/pfluglos/Direktsaat bei ansonsten gleichen Bewirtschaftungsmaßnahmen macht in anbetracht der veränderten Bedingungen für die Kultur und der neuen Anforderungen an die Bestandsführung keinen Sinn. Es müssen stattdessen Versuche durchgeführt werden, bei denen mit Hilfe von Entscheidungsregeln sukzessive die Bewirtschaftungsmaßnahmen auf der Versuchsparzelle festgelegt werden: Saat, Unkrautbekämpfung, Düngung, Pflanzenschutz und die Behandlung der Ernterückstände sind dem Anbausystem anzupassen. Solche mehrjährigen Versuche müssen die Gültigkeit der Entscheidungsregeln unter klarer Zielsetzung abklären: Produktionskosten und Verunkrautung müssen unter Kontrolle bleiben. Dies ist die Grundlage für die Ausbildung der Berater.

Eines der derzeit am schwierigsten zu erreichenden Ziele ist die Einhaltung der Mykotoxingrenzwerte für Getreidekörner. Die im Gebiet laufenden Langzeitversuche (Obernai, Geispitzen, Efringen-Kirchen, ...) sollten z.T. auf diese Fragestellung ausgerichtet werden, um technische Lösungen zu entwickeln, mit denen Weizen und Mais in der geforderten Qualität auch ohne Pflug erzeugt werden können. In diesem Punkt sind die größten Vorbehalte zu überwinden.

Auch stellt sich die Frage nach der Repräsentativität der von den aktuell laufenden Systemversuchen untersuchten Standortbedingungen, die was die Böden angeht, vielleicht nicht zu den schwierigsten zählen.

Die Evaluierung der Umweltwirkungen weiterführen

Die bestehenden Messeinrichtungen für Wasserbewegungen und Substanzverlagerungen im Boden (Geispitzen, Obernai, Landser) bilden eine solide Basis. Diese Versuchsanlagen können außerdem als Demonstrationsanlagen sowie zur Prüfung und Messung der Wirksamkeit verschiedener Maßnahmen unter den regionalen Bedingungen dienen. Die vorstehend angeführten Systemversuche sind ein Bestandteil dieser Anlagen.

Um den Entscheidungsträgern belastbare Aussagen liefern zu können, ist bei dieser umfangreichen und komplexen Thematik zusätzlich auch eine Sichtung von wissenschaftlichen Ergebnissen außerhalb der Region erforderlich.

Schließlich wäre die Verwendung der Ergebnisse dieser Arbeiten auch für die Weiterentwicklung von Indikatoren wie INDIGO oder im Rahmen von Diagnose- bzw. Simulationsinstrumenten für bestimmte Gebiete möglich, um damit ganze Anbausysteme hinsichtlich vielfältiger Parameter zu evaluieren.

Begleitung von Landwirten, die auf pfluglose Bodenbearbeitung umstellen

Inzwischen scheinen genügend positive Erfahrungen von Landwirten vorzuliegen, um eine Datenbasis mit praktischen Beispielen zu bilden, die Interessenten für die Umstellung auf pfluglose Bodenbearbeitung vorgestellt und mit ihnen diskutiert werden kann. Die Förderung des Austausches von praktischen Erfahrungen kann somit den Ausgangspunkt für eine größere Verbreitung dieser Verfahren bilden. Zusätzlich muss betont werden, dass auch eine richtige Schulung für die Beobachtung sowie ein gutes Verständnis der Bodenfunktionen und die möglichen Entwicklungen der Parzellen erforderlich ist. Denn die pfluglose Bodenbearbeitung beschränkt sich nicht auf die Auswahl eines anderen Geräts für die Bearbeitung, sondern verlangt die richtigen Reaktionen auf neue Situationen. Es ist gut vorstellbar, die Kandidaten für eine Umstellung auf reduzierte Bodenbearbeitung in Gruppen zusammenzufassen, um sie durch Fortbildung und die Begegnung mit erfahrenen Landwirten darauf vorzubereiten. Dadurch wird ihnen geholfen, die Umstellung vorzubereiten und sie werden auf ihren ersten Schritten durch Beratung begleitet (oder ihnen wird gar ein erfahrener Landwirt als Tutor zur Seite gestellt?).

Eine vertiefte einzelbetriebliche Diagnose auf Grundlage von Begutachtungen der Böden, der Anbausysteme sowie der vorhandenen Technik, um Lösungen auszuwählen, kann diese Begleitung qualifizieren.

Eine finanzielle Förderung kann helfen, die Risiken der mit der Umstellung verbundenen Lernphase abzumildern. Die Modalitäten dafür sind jedoch gut zu durchdenken, um die Landwirte nicht zu unüberlegten Investitionen in teure Maschinen zu verleiten. Dagegen kann die überbetriebliche Nutzung von im Gebiet verfügbaren Spezialgeräten, sei es im Rahmen von Lohnunternehmen, Gemeinschaftsmaschinen oder Maschinenmiete, die Umstellungsphase auf pfluglose Verfahren sowie die Auswahl des richtigen Gerätes erleichtern.

Anhang 1: Literaturstudie — Die pfluglose Bodebearbeitung in der Region und in der Welt in 27 Kapiteln

Anhang 1.1: Ergebnisse der Literaturlauswertung

In diesem Dokument sind die Ergebnisse von Feldversuchen zu pfluglosen Anbauverfahren mit dem Pflug verglichen. Jedes Thema wird in 3 Ebenen vorgestellt (s. Anhang 1.1):

Zuerst werden allgemeine Schlussfolgerungen gezogen, dann folgen die detaillierten Ergebnisse. Anschließend werden die im Dokument verwendeten Quellen aufgeführt. Die allgemeine Schlussfolgerung zu jedem Thema wird zu Beginn des Dokumentes vorgestellt, um dem Leser die Möglichkeit zu bieten, sich in kurzer Zeit über einige Kernaussagen und Hauptschlussfolgerungen zum jeweiligen Thema zu informieren.

Danach werden für jedes Thema die detaillierten Ergebnisse der Veröffentlichungen nach verschiedenen einschlägigen Parametern mit Erwähnung der Autoren aufgeführt.

Die Relevanz jedes Parameters hängt von der Fähigkeit ab,

- ein bestimmtes Phänomen zu erklären, sowie
- von der Notwendigkeit, sich jedem Thema aus verschiedenen Perspektiven zu nähern (z.B. wird für die wirtschaftlichen Auswirkungen der pfluglosen Techniken von Maschinenkosten, Betriebsmittelkosten und Erlös gesprochen) sowie
- von der Verfügbarkeit dieser Informationen in den verwendeten Quellen.

Die Auswirkungen des Pflugverzichts auf jeden dieser Parameter werden in Anhang 1.1 dargestellt und folgendermaßen bewertet:

	im Vergleich zum Pflügen
(+)	besser
(-)	schlechter
(=)	gleichwertig
(~)	unterschiedlich
(?)	ungewiss

Schließlich wird für jedes Thema eine Liste der Autoren, die im vorhergehenden Teil zitiert werden, mit Erwähnung der Versuchsbedingungen angegeben, unter denen diese Ergebnisse erzielt wurden. Je nach Möglichkeit und Verfügbarkeit der Angaben werden hier Zusatzinformationen zu Region, Bodentyp, Technik der Bodenbearbeitung sowie zu den untersuchten Kulturen und Fruchtfolgesystemen zusammen mit der Laufzeit des Versuches angegeben. Jeder Referenz ist ein Zeichen beigelegt; das die Ergebnisse gemäß ihres Typs und ihrer Herkunft einordnet.

Abkürzung	Art der bereitgestellten Information	
M	Mechanismus	Information über die Wirkungsmechanismen
RG	Allgemeine Ergebnisse	Ergebnis einer Zusammenfassung durch Experten
RE	Versuchsergebnisse	Daten und Rahmenbedingungen des Versuchs sind verfügbar
RL	Laborergebnisse	Versuche unter Laborbedingungen
RS	Simulationsergebnisse	Simulation unabhängig von Praxisbedingungen

VERZEICHNIS DER VERWENDETEN ABKÜRZUNGEN

AHL	Ammoniumnitrat-Harnstoff-Lösung		ha	Hektar (10.000 m ²)
Akh	Arbeitskraftstunde		IfuL	Institut für Umweltgerechte Landbewirtschaftung Müllheim (D)
ALLB	Amt für Landwirtschaft, Landschafts- und Bodenkultur (D)		INRA	Institut National de Recherche Agro- nomique (frz. Forschungsanstalt für Landwirtschaft)
ART	Agroscope Reckenholz-Tänikon (CH), hervorgegangen aus der Vereinigung von FAL und FAT		ITCF	Institut Technique des Céréales et des Fourrages (frz. techn. Inst. für Getreide und Futterpflanzen – neu = arvalis)
BB	Bodenbearbeitung		K	Kalium
CDN	Kanada		KAS	Kalkammonsalpeter
CH	Confoederatio Helvetica (Schweiz)		KTBL	Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (D)
cm	Zentimeter		l	Liter
CO ₂	Kohlenstoffdioxid		MEKA	Marktentlastungs- und Kulturlandschaftsausgleich Baden- Württemberg
CTIC	Conservation Technology Information Center		MLR	Ministerium für Ernährung und Ländlichen Raum Baden-Württemberg (D)
DFF	Diflufenican		mm	Millimeter
DON	Desoxynivalenol		N	Stickstoff
dt	Dezitonne (100 kg)		N ₂ O	Distickoxid = Lachgas
€	Euro		NRW	Nordrhein-Westfalen
EU	Europäische Union		OS	Organische Substanz
F	Frankreich		P	Phosphor
FAL	Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau – agroscope Reckenholz (CH)		RAC	Recherche Agronomique de Changins (agroscope – Eidgenössische Forschungsanstalt für Landwirtschaft)
FAT	Eidg. Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik – agroscope Tänikon (CH),		RU	Russland
GB	Großbritannien		SCHAL	Schutzgebiets- und

			VO	Ausgleichsverordnung (Baden-Württemberg)
h	Stunde		USA	United States of Amerika

Die wichtigsten Eigenschaften der am häufigsten genannten Versuchsstandorte (werden alle noch aktuell fortgeführt)

Standort	Bodentyp	Beginn	Varianten der Bodenbearbeitung	Fruchtfolge	verantwortlicher Autor
Boigneville (Pariser Becken)	toniger Lehm	1971	Pflug-flache Bearbeitung-DS	Monokultur Weizen / Monokultur Körnermais / Mais-Winterweizen / Zuckerrüben-Winterweizen- Sommererbsen-Sommergerste	Labreuche
Changins (Genfer See)	stL* (27 % L-44% S)	1969	Pflug-Tiefgrubber-Kultivator-Fräse	Winterraps-Winterweizen- Mais-Winterweizen	Maillard et Vez
Zollikofen (Bern)	tiefgründige Braunerde gut dräniert - (60% S-25% L)	1994	Pflug-Fräse-DS	Silomais-Wintergerste- Zuckerrüben-Winterweizen- Kartoffeln	Chervet, Reinhard
Baziège	Boulbènes**	1982	Pflug-flache Bearbeitung-DS mit und ohne Lockerung	Monokultur Körnermais / Mais-Winterweizen	Delaunois
Mons	tiefgründiger Lehm (70%)	1998			Foy
Kerguéhenec (Bretagne)	mittelgründige sandig-lehmig-tonige Braunerde	2001	Pflug-flache Bearbeitung-DS	Mais-Winterweizen- Winterraps-Winterweizen	Heddadj

*sandig-toniger Lehm ** kalkhaltiger Ton

Landwirtschaftliche Aspekte pflugloser Anbauverfahren

WIRTSCHAFTLICHKEIT UND ARBEITSZEITBEDARF

SCHLUSSFOLGERUNG

Als Grundregel kann man sagen, dass pfluglose Bearbeitungsverfahren einen niedrigeren Arbeitszeitbedarf haben und geringere Maschinenkosten verursachen, was dem Deckungsbeitrag zugute kommt. Verfahren der pfluglosen Bodenbearbeitung stehen von daher für Arbeitszeit- und Geldgewinn für den Landwirt. Die ökonomischen Ergebnisse der **Direktsaat** variieren stärker und sind in den Versuchen **vor Ort (Baden) eher negativ**.

EINZELERGEBNISSE

(+)	Arbeitszeit Die Schlepperstunden (Fahrer-Arbeitszeit) werden reduziert (Besnard, 1994). Von 7 h Arbeitszeitbedarf beim Pflügen auf 6,5 h bei 50% Vereinfachung, auf 6 h in pflugloser jedoch tiefer Bearbeitung und schließlich auf 4 h bei strikter Direktsaat (Rieu, 2001). Der Zeitgewinn liegt zwischen 30 und 50% (Salitot, 2001). Die Arbeitszeit verringert sich um 50 bis 100 Minuten/ha. Bei pflugloser Bearbeitung liegt sie systematisch niedriger, wegen der Anzahl Arbeitsgänge sowie der eingesetzten Geräte (Revel, 2004). Nach Maschinenabstockung sind bei der Arbeitserledigung Einsparungen von rund 61,- €/ha, bei der Umstellung auf Direktsaat sogar von rund 81,- €/ha möglich. Kurzfristig sind davon bei Mulchsaat Einsparungen von rd. 26,- €/ha bei der Arbeitserledigung zu realisieren (Schulze & Grimm, 2001). Klotz & Haag (2001) stellten den Kosteneinsparungen bei der Arbeitserledigung „deutlich rückläufige Markterlöse bei den pfluglosen Verfahren“ von rd. 45,- €/ha bei Mulchsaat und 66,- €/ha bei Umstellung auf Direktsaat gegenüber.
(+)	Maschinenkosten Die Maschinenkosten (Treibstoff, vor allem aber Geräte) werden mittel- und langfristig reduziert (Besnard, 1994; Schulze et al., 2000; Kerkhoff, 2001) Treibstoff, Unterhalt, Reparaturen, Erneuerungsbedarf wg. Verschleiss (Rieu, 2001). Die Kosten der Mechanisierung sinken um 0 bis 75 €/ha. Es besteht ein linearer Zusammenhang zwischen der Zugkraft/ha und der Höhe der Mechanisierungskosten. Dabei ist die Organisation des Maschineneinsatzes der wichtigste Faktor: Die niedrigsten Mechanisierungskosten findet man bei Betrieben, die sich ihre Maschinen teilen . Die Art der Reduktion (ganz oder teilweise) hat keinen Einfluss (Salitot, 2001). Die Verringerung der Maschinenkosten schwankt zwischen 0,5 und 1,5 €/dt Getreide (Revel, 2004).
(~)	Betriebsmittelkosten Die Kosten für Pflanzenschutzmittel sind bei pfluglosen Verfahren nicht systematisch höher : sie reichen von -14 bis zu +1615 €/ha (Revel, 2004). Zahlreiche Autoren berichten dennoch von einer Zunahme der Betriebsmittelkosten (Rieu, 2001; Besnard, 1994). Bei Getreidefruchtfolgen können die Kosten der Unkrautbekämpfung um 40% (23 €/ha) zunehmen (Jouy & Munier-Jolain, 2001). Aus langjährigen Feldversuchen wurde im 20-jährigen Mittel eine Erhöhung des Pflanzenschutzmittelaufwandes für Direktsaat gegenüber Pflugfurche von 20-31 €/ha berechnet (Tebrügge, 2001). Auch die Kosten der Schneckenbekämpfung können steigen (Klotz & Haag, 2001).

Die **Kosten der Unkrautbekämpfung** schwanken innerhalb der Klassen 'Pflug' und 'pfluglos' stärker als zwischen ihnen (Le Garrec, 2003; Mamarot, 2004; Mayor & Maillard, 1995). Einsparungen sind im Herbizideinsatz bei Mulch- und Direktsaat möglich (Klik et al., 2002).

(~)	Deckungsbeitrag
	<p>Die pfluglosen Verfahren erlauben eine Steigerung der Deckungsbeiträge (Besnard, 1994) und dies umso mehr, wenn sie von einer Senkung des Betriebsmitteleinsatzes begleitet werden: Arbeitszeit und Geräte bei gleichbleibender Fläche (Rieu, 2001). Der Deckungsbeitrag bleibt stabil oder er steigt (Fruchtfolge Weizen-Mais) um bis zu 150 €/ha (Revel, 2004). Unabhängig von der Größe der Fläche, jedoch noch mehr bei kleineren Flächen (10, 20, 30 ha) erlaubt die Direktsaat in jedem Fall einen wirtschaftlichen Gewinn (Steingruber & Hofer, 2001), insbesondere beim Einsatz von Lohnmaschinen (Schulze & Grimm, 2000).</p> <p>Ohne Berücksichtigung einer Maschinenabstockung sowie ohne MEKA-Förderung ergab Mulchsaat kurzfristig gesehen Einkommensnachteile bei Körnermais und Winterraps; bei Triticale und Winterweizen führten beide pfluglosen Verfahren dagegen zu Einkommensvorteilen. Trotz Gewährung des MEKA-Ausgleichs von 60 € und einer längerfristigen Einsparung von Festkosten durch Maschinenabstockung gibt es im Mittel aller Versuche einen Rückgang des Unternehmergewinns von rund 25 €/ha und 161 €/ha bei Direktsaat (Klotz & Haag, 2001), weil der Pflug höhere Erlöse sowie geringere Kosten des Pflanzenschutzes und der Aussaat mit sich bringt (Kansy & Vetter, 1999).</p> <p>Im langjährigen Mittel über alle Kulturen ergaben sich ökonomische Vorteile für die Direktsaat in Höhe von 7-23 % gegenüber dem Pflugverfahren wegen der Verbesserung der Bodenstruktur (Tebrügge, 2001). Ein positiver ökonomischer Effekt ergab sich nur für Winterweizen und Triticale in Direktsaat, vor allem aber in Mulchsaat. Kein Unterschied ergab sich beim Vergleich von Körnermais in einer Fruchtfolge mit Körnermais in Monokultur (Klotz et Haag, 2001).</p>

VORSTEHEND ZITIERTE AUTOREN UND DEREN VERSUCHSBEDINGUNGEN

RS	(Besnard, 1994)	Simulation in 5 Regionen, gegenüber der Ausgangssituation Pflug
RG	(Jouy et Munier-Jolain, 2001)	Frankreich
RE	(Kansy et Vetter, 1999)	D-Oberrhein - Mais
RG	(Klik et al., 2002)	Mulch- und Direktsaat in Österreich
RS	(Klotz et Haag, 2001)	
RE	(Le Garrec, 2003)	F-Indre et Loire, Côtes d'Armor - Auf der Basis von Betriebserhebungen - Deltameq und Indigo
M/RE	(Mamarot, 2004)	F-Midi-Pyrénées - Weizen- und Mais-Monokultur sowie Fruchtfolge Durumweizen-Sonnenblumen
RE	(Mayor et Maillard, 1995)	CH-Changins - Weizen/Raps/Weizen/Mais
RE	(Revel, 2004)	Software Deltameq - Netz von 86 Parzellen - 3 Jahre Vergleich Pflug/pfluglos
RG	(Rieu, 2001)	Frankreich
RE	(Salitot, 2001)	F-Oise - Buchführung von 10 Betrieben
RE	(Schulze et Grimm, 2001)	D - Baden-Württemberg
RE	(Steingruber et Hofer, 2001)	CH-Zollikofen: Betriebsbuchhaltung
RG,RE	(Tebrügge, 2001)	Direktsaat - 1976-86

Landwirtschaftliche Aspekte pflugloser Anbauverfahren

ERTRAG

SCHLUSSFOLGERUNG

Die Ergebnisse zahlreicher Arbeiten aus Europa und Nordamerika zeigen, dass die Reduzierung der Bodenbearbeitung unter verschiedenen Standortbedingungen möglich ist, **ohne negative Folgen für den Ertrag der Kulturen**. Folgende Faktoren interagieren mit der Art der Bodenbearbeitung und führen in den meisten Fällen zu Ertragseinbußen: hydromorphe Böden, Böden mit geringer Strukturbildung oder verdichtete Böden, auf denen eine tiefgreifende Bearbeitung unumgänglich ist. Somit ist der Erfolg von Verfahren der reduzierten Bodenbearbeitung abhängig von einem guten **Zustand der Bodenstruktur** sowie einer guten **Wasserleitfähigkeit zu Beginn der Umstellung**. In Mais scheint die **Qualität des Saatbetts** ausschlaggebend zu sein. Bei **Monokulturen stellen sich folgende Probleme**: Bodenverdichtung bei Mais, Strohmanagement bei Getreide und in geringerem Umfang die Unkrautkonkurrenz. In Europa gibt es auf 5% der Schläge mit reduzierter Bodenbearbeitung Ertragsverluste von mehr als 10% (Holland, 2004).

EINZELERGEBNISSE

(~)	Mais
	<p>Das Scheitern der Aussaat hat bei Mais den größten Einfluss auf den Ertrag: Im Mittel längerer Zeitraum bis zum Auflaufen, ungleiche Entwicklungsstadien, schlechter Feldaufgang und schlechtere Jugendentwicklung (Caneill & Bodet; 1994). Bei Direktsaat kommt es zu Mindererträgen von 10% und bei Frässaat von 5% (Kansy & Vetter, 1999). Das pfluglose Anbauverfahren gelingt leicht auf leichtem Boden wegen der besseren Wasserspeicherung (Sturny & Anken, 1992; Richter et al., 1989; Kané, 2000), bereitet auf schwererem Boden aber mehr Probleme (Sturny & Anken, 1992). Das Vorhandensein von Ernterückständen ist bei pflugloser Bestellung auf leichten Böden von Vorteil und auf schweren Böden tödlich.</p> <p>Sind diese Klippen einmal überwunden, zeigen sich mit pflugloser Bestellung die besseren Ergebnisse (Vez, 1977; Maillard & Vez, 1988; Maillard & Vez, 1993; Waldorf & Grimm, 2003), sofern in den ersten Jahren die erste Stickstoffgabe etwas erhöht wird, zur Saat Ammoniumphosphat gegeben wird (Reinhard et al., 2001), oder durch eine Zwischenfrucht Stickstoff zur Verfügung gestellt wird (Maillard & Vez, 1988). Andernfalls kann es auf schweren Böden zu Ertragsverlusten kommen (Zumbach & Sturny, 1985).</p>
(~)	Alle Kulturen
	<p>Die Direktsaat von Weizen führt nur ganz selten zu Mindererträgen (Frankinet et al., 1979; Trochard & Lajoux, 1994; Vez, 1977; Massé et al, 2004; Maillard & Vez, 1988; Zumbach & Sturny, 1985; Reinhard et al., 2001; Waldorf & Grimm, 2003), ausser bei Weizen-Monokultur ohne Strohverbrennung (Massé et al, 2004; Christian & Bacon; 1990; Ball et al., 1994). Flachgründige Bodenbearbeitung hat zu keinen Mindererträgen geführt, außer bei Gerste (Sommergerste laut Schulze et al. , 2000), Sommererbsen, Soja und Weizen nach Raps (Frankinet et al., 1979), bei Raps und Soja auch auf schweren Böden (Zumbach & Sturny, 1985), mit Ertragseinbußen zwischen 3 und 6% (Trochard & Lajoux, 1994), wie bei Zuckerrüben in Direktsaat (Massé et al, 2004; Frankinet et al., 1979) und bei</p>

Erbsen (Massé et al, 2004). Der Ertrag von Raps, Körnermais, Zuckerrüben und Soja war bei den beiden pfluglosen Verfahren auf schwerem Boden geringer (Zumbach & Sturny, 1985). Andererseits wurden bei Silomais, Sommergerste und Winterraps von Waldorf & Grimm (2003) Mehrerträge festgestellt.

Wechselwirkung zwischen Bodenstruktur und Ertrag

Insgesamt wirkt sich die Reduzierung der Bodenbearbeitung nicht auf die Erträge aus, **sofern es keinen Wasserüberschuss gibt**, die Kultur den **Boden in gutem Zustand** hinterlässt und die Geräte in der Lage sind, ein **geeignetes Saatbett** herzustellen, insbesondere bei Mais (bei nicht gut drainierenden Böden ist eine Pflugsohlenlockerung erforderlich) (Caneill & Bodet, 1994; Massé et al, 2004). Die Gesamt-Trockenmasseerträge werden von den beiden Bodenbearbeitungsverfahren kaum beeinflusst, wenn die **Schläge zu Beginn keine Verdichtungen** aufweisen. Bei Direktsaat liegen die Erträge jedoch systematisch niedriger (um 15 bis 55%). Dieses Extrembeispiel zeigt gut, dass der Zustand des Schlages bei der Auswahl des pfluglosen Verfahrens unbedingt zu berücksichtigen ist (Caneill & Bodet; 1994). Auf kalkhaltigen Tonböden (boulbènes) wirkt sich der Verzicht auf eine **tiefgründige Bearbeitung** nachteilig aus. Eine Pflugsohlenlockerung (35 cm) im Frühjahr kann den negativen Effekt einer verdichteten Struktur beseitigen. In diesem Fall sind die Erträge sogar etwas besser als gepflügt. Bei sehr starken Verdichtungen kommt es nicht selten zu Ertragsverlusten von 20 bis 40 % (Porte-Laborde et al., 2002).

(~) Interaktion von Feuchteigenschaften des Schlags und Ertrag

Bei normal **drainierenden** Böden wirkt sich Direktsaat auf den Ertrag der Kulturen leicht vorteilhaft aus während auf Böden mit schlechter Infiltration mit dem Pflug die besten Erträge erreicht wurden (Dick & Van Doren, 1985). Umgekehrt waren die Erträge bei Direktsaat am schlechtesten, wegen einer **Verdichtung des Saatbetts** (Ball et al., 1994), und nach Pflug in anderen Versuchen auf schlecht drainierten Böden am höchsten; der Grubber nahm eine mittlere Position ein (Griffith et al., 1988). Andere Autoren wiederum stellen keine Unterschiede zwischen den Bestellverfahren fest, egal ob der Boden gut, mittel oder schlecht drainiert war (Coote & Malcolm-McGovern, 1989).

(+) Interaktion von Fruchtfolge und Ertrag

Mais-Monokultur reduziert den Ertrag lediglich um 4 dt/ha bei Direktsaat und um 1 dt/ha bei flacher Bodenbearbeitung (Frankinet et al. (1979). Massé et al (2004) kommen zu gleichen Erträgen bei **Mais-Weizen**, während es bei Mais-Monokultur (berechnet oder nicht) durch **starke Bodenverdichtungen** zu Einbußen kam. Ähnliche Ergebnisse wurden bei **Weizen-Monokultur** ohne Verbrennung des Strohs gefunden (Massé et al., 2004; Christian & Bacon; 1990; Ball et al., 1994).

(~) Interaktion mit angetriebenen Bodenbearbeitungsgeräten

Die Bodenbearbeitung mit der **Fräse** hat zu keinen Einbußen beim Korntrug von Mais und Sommerweizen geführt (Diez et al., 1988); bei Raps, Zuckerrüben und Winterweizen wurde sogar ein positiver Effekt festgestellt. Der Ertrag von Sommerweizen war jedoch niedriger als gepflügt (Zumbach, 1980). Entgegengesetzte Ergebnisse mit demselben Gerät fand Maidl et al., 1988.

VORSTEHEND ZITIERTE AUTOREN UND DEREN VERSUCHSBEDINGUNGEN

RE	(Ball et al., 1994)	GB-Schottland - Versuchsperiode: 1968-1991 - Pflug 20 cm/Direktsaat - Gersten-Monokultur
RE	(Caneill & Bodet, 1994)	F - La Jaillière - Versuchsperiode: 1984-1990 - Pflug/Direktsaat in verdichteten und unverdichtetem Boden - Silomais-Monokultur
RE	(Christian & Bacon, 1990)	England - Versuchsperiode: 1973-1983 - Pflug 20 cm/Kultivator 7 cm/Direktsaat - Getreide
RE	(Coote & Malcolm-McGovern, 1989)	Kanada-Ontario - Versuchsperiode: 1983-1985 - Pflug 20 cm/Direktsaat - Mais-Mais-Hafer-Hafer-Luzerne-Luzerne.
RE	(Dick & Van Doren, 1985)	USA - Versuchsperiode: 1962-1983 - Pflug 25 cm/Direktsaat - Mais-Monokultur/Mais-Soja/Mais-Hafer-Wiese
RE	(Diez et al., 1988)	F - La Jaillière - Versuchsperiode: 1984-1990 - Pflug/Direktsaat in verdichtetem/unverdichtetem Boden - Silomais-Monokultur
RE	(Frankinet et al., 1979)	Belgien - Versuchsperiode: 1967-1977 - Pflug 30 cm/Pflug 15 cm/Direktsaat - Winterweizen-Zuckerrüben-Sommergetreide-Ackerbohnen oder Mais
RE	(Griffith et al., 1988)	USA-Indiana - Versuchsperiode: 1975-1986 - Pflug 20 cm/Grubber 20 cm/ Direktsaat - Mais-Monokultur/Mais-Soja
RS	(Kané, 2000)	D-Bayern - Modellierung des Erosionsverhaltens - Pflug/Mulchsaat
RE	(Kansy & Vetter, 1999)	D-Oberrhein - Direktsaat/Reihenfrässaat/Pflug - Mais
RE	(Maidl et al., 1988)	D - Bayern - Versuchsperiode: 1975-1986 - Pflug 27 cm/Kultivator 15 cm/Scheibenegge 12 cm/Fräse 8 cm - Getreide und ein Mal Raps
RE	(Maillard & Vez, 1988)	Versuchsperiode: 1972-1986 - Pflug 25 cm/Fräse 10 cm - Winterweizen (mit Strohbergung)-Körnermais (Stroh gehäckselt)
RE	(Maillard & Vez, 1993)	Versuchsperiode: 1969-1989 - Pflug 20 cm/Grubber 25-30 cm/Kultivator 10-15 cm/Kreiselegge 7-10 cm oder Direktsaat - Winterraps (Stroh gehäckselt)-Winterweizen (mit Strohbergung)-Körnermais (Stroh gehäckselt)-Winterweizen
RE	(Massé et al, 2004)	F-Boigneville - Versuchsperiode: 1971-1990 - Pflug 25 cm/Kultivator 15 cm/Direktsaat - Winterweizen-Mais, Weizen- und Maisstroh gehäckselt
RE	(Massé et al, 2004)	F-Boigneville - Langzeitversuch - Pflug/Flachgründig /Direktsaat - Mais, Weizen, Erbsen, Zuckerrüben, Raps, Sonnenblumen auf tL
RE	(Massé et al, 2004)	F-Boigneville - Langzeitversuch - Pflug/Flachgründig /Direktsaat - Mais- und Weizen-Monokultur auf tL
RE	(Massé et al, 2004)	F-Midi-Pyrénées - Pflug/flachgründig mit und ohne Lockerung - Mais-Monokultur - boulbènes: verschlammender Lehm, beregnet
RE	(Nuttall et al., 1986)	Kanada - Versuchsperiode: 1959-1983 - Pflug/Schwergrubber/Scheibenegge - Weizen-Monokultur
RE	(Porte-Laborde et al., 2002)	F-Baziège - Pflug/flachgründig/Direktsaat mit/ohne Pflugsohlenlockerung - Mais-Monokultur, beregnet auf Boulbènes
RE	(Reinhard et al., 2001)	CH-Zollikofen - Versuchsperiode: 1994-1999 - Direktsaat/Pflug - Weizen-Kartoffel-Weizen-Silomais-Wintergerste-Zuckerrüben
RE	(Richter et al., 1989)	
RE	(Schulze et al., 2000)	D-Baden-Württemberg - Ökologische Auswirkungen
RE	(Sturny & Anken, 1992)	Versuchsperiode: 1988-1992 - Pflug/Parapflug/Pflugsohlenlockerer/Fräse/ Direktsaat - Weizen-Mais-Weizen-Zuckerrüben; mit und ohne Ernterückstände
RE	(Trochard & Lajoux, 1994)	Frankreich (Zusammenstellung der ITCF-Versuche)
RE	(Vez, 1977)	CH-Changins (RAC) - Versuchsperiode: 1967-1977 - Pflug 25 cm /Direktsaat od. Fräse 10 cm - Winterweizen-Monokultur mit Strohbergung
RE	(Waldorf et Grimm, 2003)	D - verschiedene Bodenbearbeitungsverfahren
RE	(Zumbach, 1980)	CH-Tänikon (FAT) - Versuchsperiode: 1975-1980 - Pflug/Grubber/Spatenmaschine/Fräse - Winterweizen-Raps-Winterweizen-Zuckerrüben-Winterweizen-Sommerweizen - schwerer Lehm
RE	(Zumbach & Sturny, 1985)	Versuchsperiode: 1980-1985 - Pflug/Grubber/ Spatenmaschine - Winterweizen-Raps-Winterweizen-Mais-Zuckerrübe-Soja

Landwirtschaftliche Aspekte pflugloser Anbauverfahren

UNKRÄUTER

SCHLUSSFOLGERUNG

Pfluglose Anbauverfahren führen zu einer Veränderung der Unkrautflora, bedingt durch den Wegfall des tiefen **Vergrabens** sowie wegen weniger günstigen Keimungs- und Auflaufbedingungen. **Wurzelunkräuter und annuelle Ungräser** werden gefördert, während Dikotyledonen benachteiligt werden. Ein angepasster Herbizideinsatz (Wirkungsweise, Wirksamkeit) bedeutet nicht zwangsläufig einen stärkeren Einsatz. Der **Bekämpfungserfolg** sowie die **Effekte der Anbausysteme** sind die bestimmenden Faktoren des Unkrautmanagements.

EINZELERGEBNISSE

(~)

Einsatz von Pflanzenschutzmitteln

Bodenbearbeitungsverfahren beeinflussen die **Wirksamkeit** und die **Persistenz** von Herbiziden (keine Verdünnung im Profil) (Debaeke & Orlando, 1994). Eine verminderte **Selektivität** der Mittel bei pfluglosen Verfahren wird auf eine ungleichmäßige Saatgutablage zurückgeführt (insbesondere bei Direktsaat): Auswahl der Sätechnik, Einstellung und Stoppelbearbeitung vor der Saat sind zu beachten (Bordes et al., 2001).

Die Verwendung von **Totalherbiziden** ist zu bevorzugen (Debaeke & Orlando, 1994; Mayor & Maillard, 1995). In der Praxis ist der Gebrauch von Totalherbiziden bei reduzierter Bodenbearbeitung jedoch nicht allgemein gebräuchlich: 14% der Körnermaisfläche sind betroffen (Trocherie & Rabaud, 2004). Bestimmte Verunkrautungen sind nicht nur von der Bodenbearbeitung abhängig: 20% der Maisanbaufläche im Oberelsass, mehrheitlich gepflügt, wurde im Jahr mit spezifischen **Mitteln gegen Wurzelunkräuter** behandelt (Agreste Haut-Rhin, 2004).

Betroffene Prozesse

Nach der Umstellung auf reduzierte Bestellverfahren verändert sich die Flora schnell (Stemann, 2001). Die Bodenbearbeitung hat einen Effekt auf die **Tiefenlage der Samen** im Boden (nach 2 Arbeitsgängen mit wühlenden Werkzeugen befinden sich, unabhängig von der Bearbeitungstiefe, 90% der Samen in den obersten 10 Zentimetern), auf den **Zustand der Bodenoberfläche** (Rhizome näher an der Oberfläche: früherer Auflauf und kräftiger) (Debaeke & Orlando, 1994). Bei Direktsaat dürften sich das **fehlende Sonnenlicht** und der schlechte **Bodenkontakt des Saatguts** (wg. Mulch) nachteilig auf den Auflauf von Unkräutern zwischen den Reihen auswirken. Die Platzierung dieser Samen an der Bodenoberfläche dürfte die **jährliche Abbauraten** erhöhen und damit die durchschnittliche Lebensdauer der Samen verringern (Mamarot, 2004). So wird bei Mulchaufgabe von geringeren **Auflaufraten** und späteren Auflaufterminen berichtet (Stemann, 2001; Garbe, 2001; Pallut, 2003; Emmerling & Hampl, 2003; Buchner & Köller, 1990; Lindemann, 1998; Tebrügge, 2001).

Der **Unkrautauflauf** (Dikotyle und Windhalm, *apera spica-venti*) ist um 50% verringert, was auf den geringeren Samenvorrat im Oberboden zurückgeführt wurde (Pallut, 2003).

(~)	Auswirkungen auf verschiedene Unkrautarten
------------	---

Bei **fragilen Samen** (Fuchsschwanz, Trespe, Klettenlabkraut, ...) führt der Aufenthalt in der Tiefe zu größeren Verlusten. Das regelmäßige Pflügen, mit dem die im Vorjahr vergrabenen Samen wieder heraufgeholt werden, ist nicht immer die wirksamste Lösung, um diese Samen zu zerstören. Bei den **robusteren Samen** (Klatschmohn, Kamille, zweikeimblättrige Frühjahrskeimer) sind die Effekte der Bodenbearbeitungsverfahren auf die Überlebensrate wesentlich weniger klar (Jouy & Munier-Jolain, 2001). **Kleine Unkräuter** werden von pflugloser Bearbeitung begünstigt (Debaeke & Orlando, 1994), ebenso wie die mehrjährigen Samen- und Wurzelunkräuter (Soltner, 2000), welche sich nur bei der Reihenfrässaat, nicht jedoch bei Direktsaat ausgebreitet haben (Mayor & Maillard, 1995). Durch Direktsaat wird die Ausbreitung **einjähriger Gräser** (in Getreide) wie Fuchsschwanz und Trespe verschärft (Debaeke & Orlando, 1994).

Die stärkste Verunkrautung mit **Wurzelunkräutern** zeigte sich bei reduzierter Bodenbearbeitung in Fruchtfolgen mit Sommerungen, bei denen ihr System der vegetativen Vermehrung nicht gestört wird. In diesen Fällen scheint eine Nachernte-Behandlung mit systemischen Herbiziden, sobald genügend Wiederaustrieb vorhanden ist, opportun. Die Bodenbearbeitung kann dann 10 Tage danach erfolgen (Labreuche, 2001).

(+)	Wirkung des Nicht-Wendens
------------	----------------------------------

Geräte wie der **Grubber** oder der **Kultivator** halten die Unkrautsamen in den oberen Bodenschichten, auch wenn sie mehr als 10 cm tief arbeiten, und gestatten somit deren Keimung und Aufgang. Anschließend werden sie durch die Herbizidbehandlung zerstört (Debaeke & Orlando, 1994; Mayor & Maillard, 1995). Mayor & Maillard (1995) stellen fest, dass diese Geräte bezüglich der Reduktion des Samenvorrats im Boden effizienter sind als der Pflug.

(+)	Effekt der Qualität der Unkrautbekämpfung
------------	--

Die **Verunkrautung** ist eher das **Ergebnis der Qualität der Unkrautbekämpfung** als das der verwendeten Bodenbearbeitungstechnik (Le Garrec, 2003 ; Mamarot, 2004; Mayor & Maillard, 1995). Die Flora verarmt (Abnahme des Samenvorrats im Boden) und spezialisiert sich, aber es gibt keine systematischen Effekte. Der Effekt der Unkrautbekämpfung dominiert gegenüber dem der Bodenbearbeitung bei Fuchsschwanz und ist gleich Null bei Flughäfer. Der Effekt der Bodenbearbeitung ist dominant bei der Vogel-Sternmiere (Rameau & Viron, 1992; Verdier, 1990). Der Einsatz von 3-5 l/ha **Glyphosat** stellt eine wertvolle Ergänzung der Pflanzenschutzmaßnahmen dar, was allerdings nicht automatisch einen Mehraufwand an Herbiziden bedeuten muss, da nachfolgende Spritzungen eingespart werden können (Streit, 2000).

(+)	Wirkung des Anbausystems
------------	---------------------------------

Einige Fruchtfolgen bereiten wenig Probleme mit reduzierter Bodenbearbeitung, z.B. **Mais-Weizen** (im Gegensatz zu Mais-Mais). Der Einbau einer **Zwischenfrucht** wird erleichtert bei geringen Auswirkungen auf die Kosten der Unkrautbekämpfung (Labreuche, 2001; Mayor & Maillard, 1995). Die beobachteten Verunkrautungsprobleme sind eher auf die Qualität der Unkrautbekämpfung in der Haupt- und Zwischenfrucht als auf die verwendete Art der Bodenbearbeitung zurückzuführen. Bei **Monokultur** sind die Verunkrautungsprobleme spezifischer und schwieriger zu bewältigen (Mamarot, 2004). Die Zunahme annualer Ungräser wie Fuchsschwanz und Trespe in Getreidefruchtfolgen wird durch Direktsaat verschärft (Debaeke & Orlando, 1994).

VORSTEHEND ZITIERTE AUTOREN UND DEREN VERSUCHSBEDINGUNGEN

RG	(Agreste Haut-Rhin, 2004)	Landwirtschaftsstatistik
RG	(Bordes et al., 2001)	Frankreich
RG	(Buchner & Köller, 1990)	
M	(Debaeke & Orlando, 1994)	Frankreich - Pflug/flache Bearbeitung/Direktsaat - ITCF - Langzeitversuch Grignon
RE	(Emmerling & Hampl, 2003)	D - Pfalz: ökologischer Landbau
RE	(Garbe, 2001)	D - NRW
M/RE	(Jouy & B14 Munier-Jolain, 2001)	Frankreich
RE	(Labreuche, 2001)	F-Boigneville: Langzeitversuch - gut drainierter toniger Lehm
RE	(Le Garrec, 2003)	F-Indre et Loire, Côtes d'Armor - Auf Grundlage von Betriebserhebungen - Deltameq und Indigo
RE, RG	(Lindemann, 1998)	Mulchsaat zu Sonnenblumen
M/RE	(Mamarot, 2004)	F - Midi-Pyrénées - Weizen- und Mais-Monokultur, Fruchtfolge Durumweizen - Sonnenblumen
RE	(Mayor & Maillard, 1995)	CH - Changins - Weizen/Raps/Weizen/Mais
RG	(Pallut, 2003)	Mulchsaat
RE	(Porte-Laborde et al., 2002)	F-Boigneville (tL) Langzeitversuch / F-Midi-Pyrénées (boulbènes)
RE	(Rameau & Viron, 1992)	F-Coings (ITCF) - 1985-1990 - Fruchtfolge Raps, Weizen, Gerste
RG	(Soltner, 2000)	Welt
RG	(Stemann, 2001)	
RE, RG	(Streit, 2000)	Direktsaat in der Schweiz
RG, RE	(Tebrügge, 2001)	Direktsaat
RG	(Trocherie, Rabaud, 2004)	Frankreich - SCEES-Erhebungen
RE	(Verdier, 1990)	F-Baziège - Fruchtfolge Sorghum, Sonnenblumen, Weizen

Landwirtschaftliche Aspekte pflugloser Bodenbearbeitung

KRANKHEITEN

SCHLUSSFOLGERUNG

Die Konservierung und Übertragung von manchen **Pilzkrankheitserregern** scheint **durch pfluglose Verfahren begünstigt** zu werden. Die für **Fusarien** günstigen Faktoren sind wohl bekannt: In erste Linie der Witterungsverlauf, die **Vorfrucht** mit dem Management der **Ernterückstände**, die **Anfälligkeit der Sorten** und die **Zünslerbekämpfung** bei Mais. Die eingegangenen Risiken sind je nach Art der pfluglosen Technik unterschiedlich. Die Zerkleinerung und Einarbeitung der Ernterückstände senkt die Risiken.

EINZELERGEBNISSE

(-) **Alle Krankheiten**

Bei Mais fördern pfluglose Verfahren die **Kabatiellose** (in der Bretagne 1998), **Helminthosporium im Elsass** 2000, Kopfbrand, Rost, Anthracnose und **Fusariosen**. Die Wahl von gegenüber Blattkrankheiten resistenten Hybriden zahlt sich in Südwestfrankreich aus (Porte-Laborde et al., 2002; Labreuche et al., 2004). Die Konservierung von Pilzen wird mit pfluglosen Verfahren verstärkt: Zunahme von Fusarien aber Abnahme von Pseudocercospora-Fußkrankheiten des Getreides (2 Antagonisten). Konservierende Bodenbearbeitungsverfahren führen bei Getreide, Raps und Zuckerrüben nicht zu einem verstärkten Auftreten von Krankheiten (Garbe, 2001). Zerkleinerung und Einarbeitung der Ernterückstände sowie die Wahl resistenter Sorten sind unerlässlich (Gatel et al, 2004).

(-) **Mykotoxine**

Risikofaktoren

Von den neuen Vorschriften sind drei Mykotoxin-Familien betroffen: Desoxynivalenol (**DON**), gebildet von *Fusarium Graminearum (ou Roseum)*, **Zearalenon** bei Mais vor allem gebildet von *Fusarium Roseum* (begünstigt von feucht-milder Witterung (< 20°C) in der Blüte) und im Mittelmeerklima die Fumonisine (Gatel et al., 2004). Das Auftreten von *Fusarium* hängt von drei Faktoren ab: Geeignete **Witterungsbedingungen** (feucht und mild in der Blüte), ungeeignete **Behandlung der Ernterückstände** (am besten gleich nach der Ernte zerkleinern und einarbeiten, um den Abbau zu erleichtern) und **Anfälligkeit der Pflanzen** (Gatel et al, 2004; Labreuche et al., 2004).

Behandlung der Ernterückstände

Die **Ernterückstände** bilden die Haupt-Infektionsquelle. Bei Weizen nach Mais sind die Mykotoxingehalte mit Direktsaat systematisch höher als gepflügt; bei flachgründiger Bearbeitung liegen die Werte dazwischen (Gatel et al, 2004; Labreuche et al., 2004) während nach Alves (2002) eine **Stoppelbearbeitung** für die Fusariosen am ungünstigsten ist, so dass nicht systematisch DON auftritt. Das **Zerkleinern von Maisstroh** und -stoppel ermöglicht eine Reduktion der DON-Gehalte um den Faktor 2,5 (Gatel et al, 2004; Labreuche et al., 2004).

Anaerobe Bodenverhältnisse

Es gibt ebenfalls die Theorie, dass *Fusarium* spp. unter **aeroben Bedingungen im Boden** die Pflanzenwurzeln weniger stark befallen kann (Bieri & Cuendet, 1989). Reduzierte Bodenbearbeitung kann den Fusarien-Infektionsdruck auch nachhaltig reduzieren, da Maisrückstände in der obersten, umsetzungsaktivsten Bodenschicht verbleiben, anstatt in tiefere Schichten untergepflügt zu werden. Zusammen mit einer sorgfältigen Zerkleinerung (z.B. Stoppelbearbeitung mit Scheibenegge oder Exakthäcksler) wird so eine zügige Rotte begünstigt (Schmidt, 2003). Swiss-no-till (2003a) weist unter Bezugnahme auf Arbeiten von Nitzsche (2001) darauf hin, dass einzelne Fusarienarten **mehrere Jahre überdauerungsfähig** sind, so dass sich besonders in maisbetonten Fruchtfolgen ein hoher Infektionsdruck im gesamten Krumenbereich aufbauen kann. Vermutlich erklärt dies den **höheren Fusarienbefall in dauerhaft gepflügten Flächen**.

KRANKHEITEN

Die Fruchtfolge

Das agrar-klimatische Vorhersage-Modell für DON stellt für Jahre mit ungünstigem Witterungsverlauf als Hauptrisiken die **pfluglosen Anbausysteme mit Mais-Monokultur oder Mais-Weizen-Fruchtfolge** in den Vordergrund. Entsprechende Witterung vorausgesetzt, ist der wichtigste Faktor die **Vorfrucht** (Gatel et al., 2004). Bei pflugloser Bearbeitung ist Weizen nach Mais am stärksten fusariengefährdet (Kultivator und Grubber) mit der Folge erheblicher Ertragsverluste (Labreuche et al., 2003). Diese Fruchtfolge sollte bei pfluglosem Anbau vermieden werden (Swiss no-till, 2003a). Zu fordern sind eine **geeignete Fruchtfolgegestaltung** (Sommergetreide oder Blattfrucht nach Mais) und eine Verringerung von Mais in der Fruchtfolge insgesamt (Garbe, 2001). Der Befall der Pflugvariante nach Mais ist absolut immer noch höher als bei der am stärksten betroffenen Variante nach Raps als Vorfrucht (Krebs et al., 2000). Körnermais und Weizen dürfen bei pfluglosem Anbau nicht über 50% Flächenanteil in einem Jahr ausmachen (Swiss no-till, 2003b).

Sortenwahl

Von als **anfällig oder hochanfällig klassifizierten Weizensorten** wird abgeraten (Huss, 2002). Sokrates und Bussard sind geeignet (Garbe, 2001; Rodemann, 2003). Bei Mais sind im Elsass Sorten zu wählen, die vor dem 01. November geerntet werden können.

Sonstige Faktoren

Der **Einsatz von Strobilurinen** in Weizen begünstigt die Bildung von Fusarientoxinen (Triazole sind zu bevorzugen) (Gatel et al., 2004). Mais sollte **reif und trocken** (keine feuchten Körner) vor dem 1. November (Elsass) bei günstigen Bedingungen **geerntet** werden. Die **Bohrlöcher des Maiszünsler** können den Fusarienbefall bei Mais fördern (Gatel et al., 2004; Labreuche et al., 2004). Bei Weizen sollte eine weniger anfällige **Sorte** mit großem Abstand zwischen Fahrenblatt und Ähre gewählt werden. Beim *Fusarium*-Ährenbefall wirken sich zu hohe **Stickstoffdüngung** und eine starke Halmverkürzung negativ aus (Garbe, 2001; Rodemann, 2003), da sie Lager begünstigen (Swiss-no-till, 2003b). Die Ansaat einer **Zwischenfrucht** sowie die Ausbringung von **Mist** mit **flacher Einarbeitung** (< 15 cm) begünstigen den Abbau der Ernterückstände durch die von ihnen angeregte biologische Aktivität (Swiss-no-till, 2003b).

VORSTEHEND ZITIERTE AUTOREN UND DEREN VERSUCHSBEDINGUNGEN

RE	(Alves, 2002)	F - Haut-Rhin - Kappelen - weißer Lehm - Mais-Monokultur
RG	(Bieri & Cuendet, 1989)	Schweiz
RE	(Garbe, 2001)	D - NRW
RG/RE	(Gatel et al, 2004)	F-Boigneville
RE	(Huss, 2002)	F - Bas-Rhin - weißer Lehm - Mais-Monokultur
RE	(Krebs et al., 2000)	Fusarien- und Toxinbelastung bei Direktsaat in der Schweiz
RE	(Labreuche et al., 2003)	F-Boigneville - Langzeitversuch
RG/RE	(Labreuche et al., 2004)	Frankreich
RG	(Porte-Laborde et al., 2002)	F-Alsace, Südwestfrankreich
RG	(Rodemann, 2003)	Fusariumanfälligkeit von Getreidesorten
RG	(Schmidt, 2003)	
RE	(Swiss no-till, 2003a)	Pressemitteilung
RE	(Swiss no-till, 2003b)	Pressemitteilung

SCHÄDLINGE

SCHLUSSFOLGERUNG

Zahlreiche **Schädlinge** aber auch **Nützlinge** scheinen von einer reduzierten Bodenbearbeitung gefördert zu werden.

(~)

EINZELERGEBNISSE

Die Verbreitung von Schädlingen durch pfluglose Anbauverfahren folgt aus der Belassung der organischen Substanz nahe der Bodenoberfläche sowie einer geringeren Zerstörung von Habitaten: **Schnecken, Maulwürfe, Milben, Läuse, Insekten-Eulen und Kleinsäuger** (Porte-Laborde et al., 2002; Bordes, 1997; Gers, 1982; Lindemann, 1998; Stemann, 2001; Fricke, 2003; Holland, 2004) aber auch **Nützlinge**: Von 47 im Boden vorkommenden Arten werden 20 vom Pflug gefördert und 21 von pfluglosen Verfahren (Laufkäfer); 6 sind indifferent (Kromp, 1999; Holland & Luff, 2000; Hance, 2002). Bei feuchter Witterung kann die Ausbreitung von Schädlingen wie Ackerschnecken unter Mulch- und Direktsaat erheblich ansteigen. Sie werden durch eine Verminderung der **oberflächlichen Bodenbearbeitung** ebenfalls begünstigt (Phillips, 1984; Ackermann, 2002; Blevins et al., 1984 ; Garbe, 2001).

VORSTEHEND ZITIERTE AUTOREN UND DEREN VERSUCHSBEDINGUNGEN

RG	(Ackermann, 2002)	Deutschland - Beratungspraxis
RE	(Blevins et al., 1984)	USA - Direktsaat
RG	(Bordes, 1997)	F - Baziège
RE	(Garbe, 2001)	D - NRW
RE	(Gers, 1982)	Frankreich
RE	(Hance, 2002)	Europa
RG	(Holland, 2004)	Europa
RG	(Holland & Luff, 2000)	Europa
RE	(Kromp, 1999)	Europa
RG	(Phillips, 1984)	
RG	(Porte-Laborde et al., 2002)	F - Boigneville

Landtechnische Aspekte der pfluglosen Bearbeitung

TECHNIK

SCHLUSSFOLGERUNG

Das Vorhandensein von vielen Ernterückständen an der Bodenoberfläche impliziert zwei Dinge: die Verwendung von **Scheibensäscharen**, die am besten an die pfluglose Bestellung angepasst sind, da sie in der Lage sind, Verstopfungen zu vermeiden, die ansonsten **vermehrt Probleme bei der Aussaat** bereiten. Unter diesen Bedingungen kann sich die **Stoppelbearbeitung** aus verschiedenen Gründen als nützlich erweisen.

EINZELERGEBNISSE

Aussaat

Bei pflugloser Bestellung nach Mais sind **Scheibensämaschinen** am besten geeignet. Konventionelle Drillmaschinen mit Schleppscharen können durch den Austausch mit speziellen Rollscharen für Mulchsaat umgerüstet werden. Viele Sämaschinenhersteller haben inzwischen Rollschare im Angebot, die allerdings oft nicht den für die Direktsaat nötigen hohen Schardruck aufbringen. Grobe Stroh- und Pflanzenreste auf der Bodenoberfläche können in den Zinken hängen bleiben und diese verstopfen (Volk, 2001; Köller & Linke, 2001; Hultgreen et al., 2000; Voßhenrich, 2001). Die Qualität der Aussaat hängt von der **Ablagegenauigkeit** und dem Bodenkontakt des Saatguts ab, welcher wiederum von der Korngröße und dem Vorhandensein von Ernterückständen beeinflusst wird. Bei Direktsaat bereiten das Fehlen von Feinerde und angemessener Ablagetiefe Probleme, auch mit der derzeit verfügbaren Spezial-Sätechnik (Labreuche et al., 2001). Für die pfluglose Bearbeitung muss der Boden vollständig abgetrocknet sein, um gute Aussaatbedingungen zu gewährleisten (Viaux, 2001).

Ernterückstandmanagement

Die Zerkleinerung der Ernterückstände und deren Abbau sind ein wichtiger Schritt. Hohe Strohmenge können, wenn das Stroh nicht optimal zerkleinert und gleichmäßig verteilt wird, bei Mulch- und Direktsaat Probleme verursachen (Stemann, 2001). Der **erste Stoppelbearbeitungsgang** kann bei guter Strohverteilung und Häckselqualität mit dem Strohstriegel erledigt werden. Dieser kostengünstige Bearbeitungsgang mit hoher Flächenleistung bewirkt, dass Ausfallgetreide durch das Auflockern des Strohs, das Ausschütteln der Samen und durch flaches Anritzen des Bodens zum Keimen angeregt wird und die nachfolgenden Arbeitsgänge erleichtert werden (Voßhenrich, 2001). Eine andere mögliche Lösung ist eine Mahd mit „hoher Stoppel“. Die aufrechtstehende lange Stoppel macht für Scheibenscharmaschinen weniger Probleme als große Mengen grob gehäckseltes Stroh (Stemann, 2001).

Um eine optimale Einmischung zu erreichen, ist ein Grubber mit engem Strichabstand empfehlenswert. Flügelschargrubber mit **Strichweiten um 45 cm** sind daher weniger gut geeignet als Flachgrubber mit Strichweiten zwischen 20 und 30 cm. Durch den Einsatz spezieller Zweischichtgrubber können in besonderen Fällen zusätzlich Verdichtungen im Wurzelbereich gelockert werden. Sehr gut eignet sich auch ein vierbalkiger Schwergrubber (Buchner & Köller, 1990).

Weitere Vorteile der Stoppelbearbeitung

Eine flache Bodenbearbeitung vor der Direktsaat (modifizierte Direktsaat) kann **Unkräuter** zum auflaufen anregen und **Schnecken** bekämpfen (Emmerling &

HAMPL, 2003). Auf schweren Böden ist nach der Stoppelbearbeitung, Saatbettbereitung und der Aussaat ein Walzen nötig, um Hohl- und Schlupfräume zu verringern. Gegen Schädlinge Kluten vermeiden; günstigen Zeitpunkt für die Bodenbearbeitung wählen; frühe und tiefe Saat; kurzes Strohhackeln sowie gleichmäßige Strohverteilung (Fricke, 2003; Voß et al., 1997; Bäumler, 2000; Streit, 2003).

VORSTEHEND ZITIERTER AUTOREN UND DEREN VERSUCHSBEDINGUNGEN
--

RE	(Bäumler, 2000)	
RG	(Buchner & Köller, 1990)	
RG	(Hultgreen et al., 2000)	Direktsaat
RG	(Köller & Linke, 2001)	Maismulchsaat
RG	(Labreuche et al., 2001)	Frankreich
RE, RG	(Lütke-Entrup, 2000)	Boden- und Gewässerschutz beim Maisanbau
RG	(Stemann, 2001)	
RE, RG	(Streit, 2000)	Direktsaat in der Schweiz
RG	(Viaux, 2001)	Frankreich
RG, M	(Volk, 2001)	
RE	(Voßhenrich, 2001)	Strohmanagement

SAAT UND AUFGANG

SCHLUSSFOLGERUNG

Neben der Aussaat (und dem abweichenden thermischen Verhalten der ungepflügten Böden, s. Kapitel 'Boden') wirken sich noch weitere Faktoren auf die Qualität des Feldaufgangs aus: die mit der Höhenlage und dem Feuchtezustand des Bodens verknüpfte **Abtrocknung**, die **Vorfrucht** (Strohmenge, Allelopathie) und das Ertragspotential des Schläges.

EINZELERGEBNISSE

Geographische Faktoren

Schulze & Grimm (2001) finden unter 500m bei Mulchsaat keinen und bei Direktsaat einen schwachen Rückgang des Feldaufgangs, während über 500 m **Höhenlage** bei beiden pfluglosen Verfahren ein reduzierter Feldaufgang auffiel (langsamere Erwärmung).

Agronomische Faktoren

Viele Autoren empfehlen die Direktsaat vor allem auf Böden, die eine **Neigung zum Austrocknen** zeigen (Phillips, 1984; Ackermann, 2002; Blevins et al., 1984; Garbe, 2001). Schulze & Grimm (2001) beobachten bei Ackerzahlen über 60 in allen Varianten einen fast gleich hohen Feldaufgang, während bei niedrigeren **Ackerzahlen** bei Mulchsaat und besonders bei Direktsaat ein verminderter Feldaufgang festgestellt wird. Pfluglose Bodenbearbeitung steigert auch das Anbauisiko, da ungünstige Standortfaktoren oder Bewirtschaftungsfehler nicht mit dem Pflug korrigiert werden können (Streit, 2000).

Kulturbedingte Faktoren

Schulze & Grimm (2001) finden eine Minderung des Feldaufgangs durch Mulch- und Direktsaat bei Erbsen, Triticale, Winterraps und Winterweizen. Mais, Winterroggen, Gerste und Zuckerrüben erreichten in diesen Versuchen auch bei Mulchsaat einen guten Feldaufgang. Nach den **Vorfrüchten** Hafer, Mais und Stilllegung wurde ein geringer Einfluss ermittelt, während Dinkel, Sommergerste, Triticale, Winterweizen und Erbsen einen schlechteren Feldaufgang der Folgefrucht bewirkten.

VORSTEHEND ZITIERTE AUTOREN UND DEREN VERSUCHSBEDINGUNGEN

RG	Ackermann (2002)	Deutschland - Beratungspraxis
RE	Blevins et al. (1984)	USA - Direktsaat
RE	Garbe (2001)	Deutschland - NRW
RE	Schulze & Grimm (2001)	D - Baden-Württemberg
RE, RG	Streit (2000)	Direktsaat in der Schweiz

FRUCHTFOLGE UND BODENBEDECKUNG

SCHLUSSFOLGERUNG

Die pfluglose Bodenbearbeitung verlangt und bietet auch Möglichkeiten der **Verlängerung von Fruchtfolgen**, des Anbaus von Zwischenfrüchten und unter bestimmten Voraussetzungen sogar eine Dauerbegrünung. Die Vorteile, aber auch die Einschränkungen bei den Bewirtschaftungsmaßnahmen, sind zu berücksichtigen.

EINZELERGEBNISSE

Hauptfrucht-Fruchtfolge

Bei pfluglosem Ackerbau ist eine lange Fruchtfolge nötig: kein **Ausfallgetreide** und keine Zunahme von Problem**unkräutern** (Fuchsschwanz, Quecke, Trespe, Hirsen, Amaranth), keine Selektion von Ungräsern (jährige Risppe, Ackerfuchsschwanz); optimierter Einsatz von Totalherbiziden möglich, Anbau von Zwischenfrüchten leichter möglich, Bekämpfung breitblättriger Unkräuter in der Halmfrucht, Bekämpfung von Ungräsern in der Blattfrucht, Unterbrechung von **Infektionszyklen** (Stemann, 2001; Voßhenrich, 2001; Volk, 2001; Köller & Buchner, 1990; Weyer & Buchner, 2001).

Zwischenfrucht

Ein gleichmäßiger, flächendeckender **Zwischenfruchtbestand** unterdrückt Ausfallgetreide und Unkräuter, schützt den Boden vor **Verschlämmung** und **Abtrag** und kann bis zu 150 kg N/ha biologisch fixieren (Pallut, 2003). Eine geschickte Kombination von Zwischenfrüchten und Kulturen kann in Direktsaatsystemen zu einer **Reduzierung des Herbizidaufwandes** beitragen, wie auch Versuche mit herbizidfreiem Maisanbau in der Schweiz zeigen. Besonders der Wechsel von Blatt- und Halmfrüchten hat sich dort gut bewährt, da beispielsweise Ausfallgetreide in nachfolgenden Blattfrüchten gut bekämpft werden kann (Derpsch, 1999; Hiltbrunner et al., 2002). Versuche mit „Umbruch der Begrünung im November“ verursachten im Winter etwas höhere **Nitratwerte** als die Verfahren mit Mulch- und Direktsaat. Damit besteht eine höhere Gefahr einer Nitratverlagerung bei frühem Umbruchtermin im Vergleich zu späten Terminen und insbesondere im Vergleich zu Verfahren der reduzierten Bodenbearbeitung (Schulze et al., 2000). Unvollständig abgestorbene Zwischenfruchtbestände (z.B. Phacelia) müssen nicht zwingend mit Herbiziden behandelt werden, sondern können auch mit Kreisel- oder Scheibenege eingearbeitet werden (Lindemann, 1998).

Anbau mit Lebendmulch

Untersuchungen zur **Maiswiese (Lebendmulch)** ergaben, dass im trockenen Klima der Rheinebene die Wasserkonkurrenz der Graseinsaat ein grundsätzliches Problem darstellt und zu Ertragseinbußen führt. Deshalb ist eine wirksame Kontrolle der Graseinsaat, z.B. durch eine totale Abtötung mit einem Totalherbizid (Roundup) vor der Maissaat notwendig (Bockstaller & Hanson, 1999; Köller, 2003). Versuche in der Schweiz erzielten bei Versuchen mit Lebendmulchen (Gelbklee und Weißklee in Winterweizen) gute Ergebnisse, speziell bei regelmäßigem Mulchschnitt zwischen den Reihen (Streit, 2000).

VORSTEHEND ZITIERTE AUTOREN UND DEREN VERSUCHSBEDINGUNGEN		
---	--	--

RG	(Bockstaller & Hanson, 1999)	Studie zur integrierten Produktion in der Rheinebene
	(Derpsch, 1999)	Direktsaat in Südamerika
RE	(Hiltbrunner et al., 2002)	Unkrautdynamik bei Direktsaat von Weizen in Lebendmulch (Schweiz)
RG, RE	(Köller, 2003)	Mais-Mulchsaat
RE, RG	(Lindemann, 1998)	Mulchsaat zu Sonnenblumen
RG	(Pallut, 2003)	Mulchsaat
RE	(Schulze et al., 2000)	Ökologische Auswirkungen - D-Baden-Württemberg
RE, RG	(Streit, 2000)	Direktsaat in der Schweiz
RE	(Voßhenrich, 2001)	

Umweltaspekte pflugloser Bodenbearbeitung

OBERFLÄCHENABFLUSS

SCHLUSSFOLGERUNG

Die Wirkung pflugloser Bodenbearbeitung auf den Oberflächenabfluss hängt von der **Rauhigkeit der Bodenoberfläche** und der **Qualität der Bodenbedeckung** ab. Die Ergebnisse sind unterschiedlich, je nach **Jahr** und **Jahreszeit**, **Kultur** und **Art der pfluglosen Bodenbearbeitung**. Letzterer kommt dabei die Hauptrolle zu.

(~)

EINZELERGEBNISSE

Der Oberflächenabfluss hängt ab vom **Grad der Bodenbedeckung** durch Pflanzen oder Pflanzenrückstände (in diesem Punkt ist der Unterschied zwischen Direktsaat und pflugloser Bearbeitung größer als der zwischen pflugloser Bearbeitung und Pflug), von der **Oberflächenrauhigkeit** (wirkt sich aus auf den Rückhalt an der Oberfläche und den Reibungskoeffizienten der Oberfläche) (Heddadj et al., 2004; Boiffin & Monnier, 1994), dem **Widerstand im Profil von dichten, weniger porösen Zonen** (höherer Eindring- bzw. Losreiswiderstand, jedoch geringere Infiltration möglich) (Boiffin & Monnier, 1994) und der **Porosität** (Heddadj et al., 2004).

Die **Verminderung der Oberflächenrauhigkeit** (Ernterückstände, die auch mit der Art der Kultur wechseln) kann den Oberflächenabfluss stark ansteigen lassen, genauso wie **Bodenverdichtungen** bei der Saat oder Ernte, welche die Infiltration reduzieren (Richard et al., 2001). Außerdem ist die Oberfläche von **Fahrspuren** verdichtet und wenig durchlässig; sie bildet eine potentielle Rinne für den Oberflächenabfluss (persönliche Mitteilung, 2003; Boiffin & Monnier, 1994).

Bei Direktsaat ist die Oberflächenabflussrate etwas niedriger als gepflügt. Die **Anzahl der Ereignisse, das Gesamtabflussvolumen und die Abfließgeschwindigkeit nehmen ab, während die Zeit bis zum Zusammenfließen zunimmt** (Boiffin & Monnier, 1994). Es kommt jedoch auf die Zeitspannen mit der Gefahr von Oberflächenabfluss an. Der Oberflächenabfluss ist bei pflugloser Bearbeitung im **Winter** höher (geringere Infiltration) und im **Frühjahr** niedriger. Es wird darauf hingewiesen, dass die Bodenbedeckung durch **Zwischenfrucht** eine größere Rolle spielt als die Art der Bodenbearbeitung (Richard et al, 2004).

Im Elsass hat die pfluglose Bearbeitung den **Frühjahrs-Oberflächenabfluss bei Sommerungen um 55%** in Geispitzen 2002 (persönliche Mitteilung; 2004) und während zweier Gewitter in Neewiller 2004 um den Faktor 10-15, unabhängig ob flache Bearbeitung oder Direktsaat, verringert (Armand, 2004). Die Angaben aus Deutschland liegen um die 70% (Nitzsche et al. , 2000; Grube, 2003; Tebrügge, 2000). Eine ganz klare Reduzierung des erodierten Bodenvolumens (in Rillen oder Rinnen) in den pfluglos bearbeiteten Parzellen lässt sich durch 25 Mal weniger **Verschlämmungskrusten** erklären (Delaunois, 2004). Bei konservierend bearbeitetem Boden setzt der erosionswirksame **Oberflächenabfluss erst nach 25 Minuten ein**, während er bei konventionell bewirtschaftetem Boden schon nach 10 Minuten beginnt (Kainz, 1989; Krück et al., 2001).

VORSTEHEND ZITIERTE AUTOREN UND DEREN VERSUCHSBEDINGUNGEN

RE	(Armand, 2004)	F-Alsace (Geispitzen und Neewiller)
M	(Boiffin & Monnier, 1994)	Frankreich

RE	(communication perso; 2004)	F-Alsace (Geispitzen)
RE	(Delaunoy et al., 2004)	Frankreich (Midi-Pyrénées)
RE	(Grube, 2003)	D-Hessen Langzeitvergleichsstandorte
RE	(Heddadj et al., 2004)	F-Kerguéhenec
RS	(Kainz, 1989)	D-Bayern - Modellierung des Erosionsverhaltens - Pflug/Mulchsaat
RG	(Krück et al., 2001)	
RE	(Nitzsche et al., 2000)	
RG	(Richard et al., 2001)	Frankreich
RE	(Tebrügge, 2000)	

EROSION

SCHLUSSFOLGERUNG

Schon ab dem ersten Jahr hat pfluglose Bearbeitung **systematisch einen positiven Effekt** für die Erosionsverhinderung. Der Verzicht auf das Wenden bedeutet **Mulch** auf der Bodenoberfläche. Dieser erhöht die Rauigkeit, die Strukturstabilität und die biologische Porenbildung durch Regenwürmer und beugt somit dem Oberflächenabfluss und damit auch der Erosion vor.

(+) EINZELERGEBNISSE

Die Wassererosion ist das Ergebnis des **Transports von Bodenteilchen mit dem Oberflächenabfluss**. Das vorgängige Losreisen der Bodenpartikel erfolgt durch den Aufprall der Regentropfen bzw. die mitreißende Kraft der Wasserströmung. Bei Direktsaat ist der Bodenabtrag stark vermindert (vorwiegend Losreiswiderstand), dank der Bodenbedeckung mit Rückständen (Boiffin, Monnier, 1994).

Derartige Ergebnisse werden von **zahlreichen Autoren** berichtet (Boiffin, Monnier, 1994; Maillard, Neyroud & Vez, 1995; Revel & Guiresse, 1995; Balabane, 2004) mit unterschiedlichen Faktoren: Reduzierung der Erosion um den **Faktor 3 - 6** (Tebrügge & Düring ; 1999; Rasmussen, 1999, Kwaad; 1994), um den Faktor **15 - 20** (Armand, 2004; Delaunoy et al., 2004). Auch wenn sich nur wenige Rückstände auf der Bodenoberfläche befinden, beugt die **verbesserte Struktur** durch pfluglose Bearbeitung der Erosion vor: Bessere Aggregatstabilität in der Schicht 0 - 3 cm (Maillard, Neyroud & Vez, 1995), Erhöhung der biologischen Aktivität (Richard et al., 2004) sowie Aufrechterhaltung einer Porenstruktur, die den Oberflächenabfluss reduziert.

Die Direktsaatvariante hat sich in allen Fällen als stabiler herausgestellt als gepflügter Boden. Bei **Tongehalten** zwischen ca. 20 und 30 % lag der reduziert bearbeitete Boden (Fräse) zwischen Direktsaat und Pflug, während er sich bei 33% und auch bei 16% Tongehalt als noch stabiler herausgestellt hat als die Direktsaatvariante. Insgesamt wurden in diesen Versuchen bei steigenden Tongehalten geringere Unterschiede zwischen den Behandlungen festgestellt (Groß, 1996).

VORSTEHEND ZITIERTER AUTOREN UND DEREN VERSUCHSBEDINGUNGEN

RE	(Armand, 2004)	F-Alsace - Direktsaat/flachgründige B./Pflug auf Lehm
RE	(Balabane, 2004)	Frankreich (Pariser Becken)
M/RS	(Boiffin, Monnier, 1994)	künstliche Regensimulation

RE	(Delaunois et al., 2004)	F-Baziège - Grubber und Pflug auf tonigen Kalkböden
RE	(Govers et al., 1999)	
RE	(Groß, 1996)	D-Hessen - Langzeitversuche
RE	(Kwaad, 1994)	Niederlande - Lehm
RE	(Maillard et al., 1995)	CH-Changins
RE	(Rasmussen, 1999)	Skandinavien - Lehm
RE	(Revel & Guiresse, 1995)	Nordwest-Frankreich
RG	(Richard et al., 2004)	Frankreich
RE	(Tebrügge et Düring, 1999)	Deutschland - Lehm

VERLAGERUNG VON DÜNGERN

SCHLUSSFOLGERUNG

Verschiedene Wirkungsmechanismen der pfluglosen Bodenbearbeitung beeinflussen die Nährstoffverlagerung, haben aber gegensätzliche Effekte. Versuche zeigen unterschiedliche Ergebnisse, je nach **Jahr** und **Jahreszeit**. Im **Winter** ist die Nitratauswaschung bei Pflug größer, aber bei pflugloser Bearbeitung ist der **Oberflächenabfluss** größer. Im **Frühjahr** ist der Oberflächenabfluss bei pflugloser Bearbeitung geringer, aber die **Auswaschung** von gelöstem Stickstoff (der nach der Ausbringung für längere Zeit im Oberboden bleibt) über die Regenwurmröhren und der **Abfluss unter der Oberfläche von gelöstem Phosphor** können größere Verlagerungen bei reduzierter Bearbeitung nach sich ziehen.

EINZELERGEBNISSE

(?) Verlagerung von Stickstoff

Die Diffusion von Stickstoff ist beim Pflugeinsatz höher, da der **Wasserfluss** niedriger ist (Goss, 1990). Der **höhere Nitratgehalt** im Bodenprofil nach dem Pflugeinsatz **über Winter** (Dowdell et Cannell, 1975; Goss, 1990; Viaux, 2001) bringt die **Auswaschung** einer gewissen Stickstoffmenge über Winter mit sich, die beim Pflügen höher ist, aber die Auswaschung im **Frühjahr** ist bei pflugloser Bearbeitung höher (jedoch absolut in geringerer Menge als über Winter), hängt jedoch von den Niederschlägen ab (Goss, 1990). Die Direktsaat von Wintergetreide hat über drei Jahre eine Verminderung der Nitratauswaschung gegenüber dem Pflügen erlaubt, mit Ausnahme von einem Jahr (schlechter Feldaufgang), in dem sie höher lag (15% des Herbst-N_{min} und 50% des Frühjahrs-N_{min} ausgewaschen) (Dowdell et al., 1987). Die **Erosion** kann zu einem Verlust von 0,7 kg N/ha führen (Viaux, 2001).

Die **Verlangsamung der Nitrifizierung** und der Mineralisierung bei pflugloser Bodenbearbeitung infolge mangelnder Bodendurchlüftung, niedrigerer Bodentemperatur und Versauerung der Bodenoberfläche (und sogar Denitrifizierung) (Germon et al., 1994; Jordan et al., 2000) führt zu einer geringeren Menge an auswaschbarem Stickstoff. Im Übrigen haben Angle et al. (1984) 6 - 8 Mal niedrigere Verluste an im Oberflächenabflusswasser gelöstem Stickstoff gemessen, weil die Abflussmenge reduziert ist. Andere Autoren fanden weniger eindeutige Ergebnisse (Baker, 1985; Goss, 1990). Frede und Dabbert (1998) führen diese auf die Existenz von Makroporen zurück, die eine schnelle Ableitung des Wassers ermöglichen, bevor dieses Stickstoff aufnimmt.

Dagegen erhöht die Existenz von **‘Vorrangpfaden’** (Regenwurmröhren) die

Nitratverluste durch Infiltration in die Tiefe, vor allem im Frühjahr (jedoch Verlagerung von eher geringen Mengen). Die **Kontinuität der Makroporen** bringt eine Auswaschung in Dränperioden mit sich, welche von den Niederschlägen abhängt (Dowdel et al., 1987; Eck & Jones, 1992; Kandeler & Bohm, 1996; Kanwar, 1997; Fawcett, 1995; Goss, 1990) und der Düngung der Oberfläche zum Nachteil gereicht (Germon et al., 1994).

(-)	Verlagerung von Phosphor
------------	---------------------------------

Die **Erosion** kann zum Verlust von 3 kg P/ha führen (Viaux, 2001). Die **Phosphorverluste** sind bei pflugloser Bearbeitung um den Faktor 1,7 bis 2,7 höher, weshalb empfohlen wird, die Phosphordüngung zu reduzieren (Ball et al., 1997; Rasmussen, 1999; Baker & Laflen, 1983; Gilley, 1995; Soileau et al., 1994). In Mais auf einem armen, drainierten tonig-lehmigen Boden wurde bei pflugloser Bearbeitung 2,2 Mal mehr Phosphor abgewaschen als gepflügt (vorwiegend gelöster Phosphor, mit dem größten Risiko der Eutrophierung), mit Konzentrationsspitzen im Frühjahr. Die Auswaschung direkt unter der Bodenoberfläche macht zwei Drittel der Phosphorverluste aus. Diese Verluste werden vermindert, wenn der Phosphordünger eingearbeitet wird. Andererseits reduziert die pfluglose Bodenbearbeitung die Drainage von Phosphor. Die schlechtesten Ergebnisse gibt es immer bei der Direktsaat (Gaynor, 1995) .

VORSTEHEND ZITIERTER AUTOREN UND DEREN VERSUCHSBEDINGUNGEN

RE	(Angle et al., 1984)	USA - Mais - 6% Neigung im Einzugsgebiet
RG	(Baker, 1985)	USA - Zusammenfassung von 8 Versuchen
RE	(Baker & Laflen, 1983)	USA
RE	(Ball et al., 1997)	GB-Schottland - Pflug 20 cm/Direktsaat - Gerstenmonokultur
RE	(Dowdell & Cannell, 1975)	GB
RE	(Dowdell et al., 1987)	GB - Direktsaat/Pflug - Winterungen - 4 Jahre - Lehm
M	(Eck et Jones, 1992)	USA
M	(Fawcett, 1995)	USA
RG	(Frede & Dabbert, 1998)	Deutschland
RE	(Gaynor, 1995)	Kanada - Mais - Pflug/flache Bearbtg./Direktsaat - tonig-lehmig - 3 Jahre
M/RG	(Germon et al., 1994)	Frankreich
RE	(Gilley, 1995)	Europa
M/RE	(Goss, 1990)	GB - Wintergetreide - Pflug/flachgründig/Direktsaat - tonig, drainiert - 8 Jahre
M	(Jordan et al., 2000)	USA
M	(Kanwar, 1997)	USA
M	(Kandeler & Bohm, 1996)	USA
RE	(Rasmussen, 1999)	Skandinavien
RE	(Soileau et al., 1994)	Europa
RG	(Viaux, 2001)	Frankreich

VERLAGERUNG VON PFLANZENSCHUTZMITTELN

SCHLUSSFOLGERUNG

Nach den unterschiedlichen Versuchsergebnissen, scheinen pfluglose Verfahren **unterschiedliche Wirkungen auf die Verlagerung von Pflanzenschutzmitteln** durch Auswaschung auszuüben (günstig für Anwendungen im Frühjahr/Sommer, jedoch ungünstig für die Anwendungen im Herbst/Winter) und eher **günstige** auf die Verlagerung von Pflanzenschutzmittel mit dem **Oberflächenabfluss**, da sie dessen Volumen vermindern.

EINZELERGEBNISSE

Bei den Produkten mit hohen **Adsorptionskoeffizienten** Koc machen die Verluste durch Auswaschung nur einen minimalen Teil der Abwaschungsverluste aus. Umgekehrt, wenn der Adsorptionskoeffizient niedrig ist (Wauchope, 1978; Jury et al., 1987).

(~) **Durch Auswaschung**

Die Verstärkung der **Adsorption** und der **Abbauprozesse** dämpft die Auswaschungsverluste (Dao, 1995; Weed et al., 1995; Fermanich et al., 1996), einen Prozess bei dem der pH-Wert des Bodens ein essentieller Faktor für die Ad- und Desorption von Herbiziden ist, da er die Ladung der Herbizide und ihrer Netzmittel verändert (Bordes et al., 2001). Die von pfluglosen Verfahren begünstigten Makroporen sind mit **organischer Substanz** ausgekleidet, welche die Wirkstoffmoleküle und **Mikroorganismen** anlagern und sie umbauen (Edwards et al., 1993; Sadeghi & Isensee, 1997; Stehouwer et al., 1994). Diese Prozesse führen zum kompletten **Abbau** von 2,4-D und Alachlor; dieser läuft besser bei reduzierter Bodenbearbeitung und führt auch zu einer reduzierten Auswaschung von Isoproturon um 100% in den USA sowie um 75% bei Trifluralin in Deutschland (Jordan et al., 2000; Berger et al., 1999). Andere Ergebnisse zeigen keine Unterschiede zwischen verschiedenen Verfahren (Dao, 1995; Weed et al., 1995; Fermanich et al., 1996).

Wenn **‘Vorzugspfade’** vorliegen (Direktsaat), wird ein kleiner Anteil der Pflanzenschutzmittel ausgewaschen, da es weniger Wasser gibt, das den Teil des Bodens durchwäscht, in dem sich die meisten Pestizide befinden. Diese Pestizide können leichter durch Mikroorganismen abgebaut werden (Flury, 1996).

Bei einem Lehm machen die Drainageverluste 0,1 - 2% der ausgebrachten Menge aus (Flury, 1996). Einige Arbeiten zeigen, dass bei pflugloser Bearbeitung die **Sickermengen** und die gemessenen **Konzentrationen** höher sind. Dies lässt sich mit dem Vorhandensein von **‘Vorzugspisten’** bei **Direktsaat** erklären (Hall et al., 1991; Isensee et al., 1990; Gaston & Locke, 1996), die bei trockenem Boden lieber benutzt werden (also im Frühjahr) (Flury, 1996). Eine Zunahme der Verluste bei einer verstärkten **Herbizidanwendung** wird ebenfalls vertreten (Holland et al., 1994). Auf Lehm haben die pfluglosen Verfahren einen positiven oder neutralen Effekt auf die Pestiziddrainage. Die Regenwurmgänge stellen eine **‘Vorzugspiste’** dar (Flury, 1996).

Der **Faktor Niederschläge** ist am bedeutendsten für das Verständnis der höheren Konzentration von zwei Molekülen im tiefen Grundwasser im Sommer bei pflugloser Bearbeitung (Spitzenwerte 20 - 50) (Barriuso et al., 1994). Die **Applikationstermine** sind also genauso interessant: Die Verlagerung von Atrazin über Winter ist bei Direktsaat geringer (schnellerer Abbau von TSL im Sommer wegen höherer biologischer Aktivität) aber die Flüsse von DFF (Herbistherbizid

Diflufenican) waren bedeutender im Winter (wegen der 'Vorzugspfade') (Réal & Dutertre, 2004).

(+)	<p>Durch Oberflächenabfluss/Abschwemmung</p> <p>Die potentiell abschwemmungsgefährdeten Pestizide befinden sich im obersten Zentimeter des Bodens (Baker & Laflen, 1979; Leonard et al, 1979; Mills & Leonard, 1984). 20% der Atrazinverluste befinden sich in den ersten 5% des Oberflächenabflussvolumens (Wauchope, 1987).</p> <p>Mehrere Autoren berichten von einer Verminderung des Rückstandsmengenflusses um 29 - 100%, je nach Mittel und Anzahl der Jahre in pflugloser Bodenbearbeitung. Die Konzentrationen sind höher, aber das Volumen des Oberflächenabflusses ist geringer (Hall, 1991; Glenn & Angle, 1997; Fawcett et al., 1995). Arbeiten aus Frankreich bestätigen diese Aussagen: Reduzierung des Oberflächenabflusses und der Herbizidverlagerung durch Abschwemmung, aber Erhöhung der Konzentrationen (Leullier, 1999). Pfluglose Bodenbearbeitungsverfahren reduzieren die Herbizidverlagerung um 80% in einem Versuch im Elsass (gegenüber 50 % mit Begrünungstreifen) (Koller, persönliche Mitteilung, 2004), um 98% bei Heddadj & Cottais (2001). Direktsaat reduziert die Atrazinkonzentration im Oberflächenabfluss nur geringfügig (15 bzw. 60 % Reduktion), im Gegensatz zu einem Grünstreifen am Hangfuß (Leullier, 1999). Lafrance et al. (1997) ergänzen, dass der Anteil der ausgetragenen Herbizide mit der Reduktion der Bodenbearbeitung abnimmt (Grubber und Direktsaat) und mit der Reduktion des Oberflächenabflussvolumens in Beziehung steht. Die Reduzierung der Ausbringungsmenge durch Bandspritzung und Hacke bei Mais (Erhöhung der Oberflächenrauhigkeit und Infiltration) erlaubt eine Reduzierung des Atrazinverlustes um 60% (Heddadj et Cottais, 2001).</p>
------------	---

VERLAGERUNG VON PFLANZENSCHUTZMITTELN

VORSTEHEND ZITIERTE AUTOREN UND DEREN VERSUCHSBEDINGUNGEN

RE	(Baker & Laflen, 1979)	Alachlor, Atrazin, Propachlor
RG	(Barriuso et al., 1994)	Atrazin und Cyanazin - Frankreich
RE	(Berger et al., 1999)	Trifluralin, Isoproturon
M/RE	(Bordes et al., 2001)	2,4-D, Alachlor, Clomazon
RE	(Koller, communication perso, 2004)	F-Alsace (Ergebnisse 2002 - F-Geispitzen)
M/RE	(Dao, 1995)	Atrazin, Carbofuran, Metolachlor
M	(Edwards et al., 1993)	
RE	(Fawcett et al., 1995)	
M/RE	(Fermanich et al., 1996)	Atrazin, Carbofuran, Metolachlor
RE	(Flury, 1996)	Zusammenfassung mehrerer Versuche - Direktsaat/Pflug
M/RE	(Gaston & Locke, 1996).	Triazine, Metolachlor
RE	(Glenn & Angle, 1997)	
M/RE	(Hall et al., 1991)	Triazine, Metolachlor
RE	(Heddadj & Cottais, 2001)	Atrazin, Sulfotriuron, Nicosulfuron - F-Bretagne Kerguéhennec - sandiger Lehm (6% Hangneigung)
RG	(Holland et al., 1994)	Europa
M/RE	(Isensee et al., 1990)	Triazine, Metolachlor
RE	(Jordan et al., 2000)	Trifluralin, Isoproturon

M/RE	(Jury et al., 1987)	Mehrere Wirkstoffe
RE	(Lafrance et al., 1997)	Atrazin, Metolachlor
RE	(Leonard et al, 1979)	Alachlor, Atrazin, Propachlor
RE	(Leullier, 1999)	Atrazin - DFF, F-Bignan, La Jaillière, Spechbach
RE	(Mills & Leonard, 1984)	Alachlor, Atrazin, Propachlor
RE	(Réal & Dutertre, 2004)	Atrazin, DFF; F-La jaillière - Mais/Weizen
M	(Sadeghi & Isensee, 1997)	
M	(Stehouwer et al., 1994)	
M/RE	(Wauchope, 1978)	Mehrere Wirkstoffe
RE	(Wauchope, 1987)	Atrazin
M/RE	(Weed et al., 1995)	Atrazin, Carbofuran, Metolachlor

EMISSION VON KLIMAGASEN

SCHLUSSFOLGERUNG

Die Vorteile pflugloser Verfahren bezüglich der **Festlegung von CO₂** können aufgehoben werden durch die erhöhte **Denitrifizierung** (Emission von N₂O), die bei anaeroben Verhältnissen auftreten kann. Die **Bilanz** an Treibhausgasen ist deshalb **unklar**.

(?)

EINZELERGEBNISSE

Die **Humifizierungs-** und **Mineralisierungskoeffizienten** nehmen ab und Kohlenstoff reichert sich im Boden an, was sich positiv auf die **CO₂**-Emissionen auswirkt. Die Bilanz kann jedoch durch höhere **Lachgasemissionen** verschlechtert werden (Richard et al., 2004; Holland, 2004). Nach 28 Jahren hat der Vorrat an Kohlenstoff um 5 t/ha zugenommen, das entspricht einer Einlagerung von 1 t CO₂/ha*Jahr (Thevenet, 2001). Die **Denitrifikation** unter anaeroben Bedingungen kann bei pflugloser Bodenbearbeitung stärker sein (weniger Bodenporen). Es gibt aber auch gegenteilige Feststellungen (Arah et al., 1991) und im Labor wurde kein Effekt festgestellt (Groffman et al.; 1984). Six et al. (2002) haben einen Mittelwert aus allen bekannten Versuchen berechnet und kommen auf eine negative Bilanz pflugloser Verfahren in Höhe von 214 kg CO₂/ha*Jahr. Er setzt sich zusammen aus einer Erhöhung der Festlegung von CO₂ und Methan sowie einer höheren Freisetzung von N₂O, welche den vorgenannten Effekt überkompensiert.

VORSTEHEND ZITIERTE AUTOREN UND DEREN VERSUCHSBEDINGUNGEN

RE	(Arah et al., 1991)	GB-Schottland
RS	(Groffman et al.; 1984)	Labor
RG	(Holland, 2004)	Europa - Versuchs-Zusammenstellung
RG	(Richard et al., 2004)	Frankreich
RG	(Six et al., 2002)	gemäßigte Klimate - Versuchs-Zusammenstellung - Direktsaat/konventionell
RE	(Thevenet, 2001)	F-Boigneville - Langzeitversuch

Agronomische Aspekte der Bodenbearbeitung ohne Pflug

Veränderungen der physikalischen Eigenschaften infolge pflugloser Bearbeitung

GESAMT-PORENVOLUMEN

SCHLUSSFOLGERUNG

Das **Gesamtporenvolumen** nimmt bei pflugloser Bearbeitung ab. Eine ´natürliche´ **Regeneration** nach ggf. vorkommenden Verdichtungen ist bei Böden mit ´natürlicher Strukturbildung´ sowie durch die Aktivität von **Wurzeln** und **Regenwürmern** möglich, erfolgt aber langsamer. Das Makroporenvolumen entwickelt sich je nach Versuch unterschiedlich in Abhängigkeit von der Bearbeitungstiefe und -maßnahme, dem Zeitraum der Erhebung seit dem Pflügen, den Witterungsbedingungen, ...

EINZELERGEBNISSE

Das Porenvolumen bei pflugloser Bearbeitung ...

Die strukturelle Porosität (mit Analyse des Kulturhorizonts) ist der **Indikator für die Auswirkungen der Bewirtschaftungspraxis auf die Bodenstruktur** (Foy, 2003). Beim Übergang auf pfluglose Bearbeitung stellt sich ein **neuer Pseudo-Gleichgewichtszustand** ein (Dauer = **3 Jahre**). Die zuvor vom Pflug geschaffene Porosität wird zunehmend teilweise durch eine **rissbedingte** (Böden mit mehr als 25% Tongehalt, mit Einwirkung von Wasser) und **biologische** (Wurzeln, Bodenfauna) **Porosität** ersetzt (Guérif, 1994; Labreuche & Bodet, 2001).

(~) Rissbildung und Verdichtung von Böden

Die **Rissbildungskapazität** eines Bodens (abhängig vom Tongehalt) führt zu der Aussage, dass **Böden mit geringer Strukturstabilität und geringem Verdichtungswiderstand für die Direktsaat weniger geeignet** sind. Der mit der Bodenbearbeitung und dem Jahreseinfluss verbundene **Index der Hohlraumstrukturen** bleibt bei einem Anbausystem mit **geringem Verdichtungsrisiko gleich**, nimmt jedoch stark (und dauerhaft) ab bei einer starken Verdichtung mit Direktsaat (hoher Anteil verdichteter Zonen). Die Ausdehnung (Dicke*Fläche) der Verdichtungszone nimmt bei pflugloser Bearbeitung (sonst werden die Zonen vom Pflug unterteilt) mit den Effekten von Bodenbearbeitung*Anbaujahr zu, nicht jedoch mit der Verdichtung (Verdichtungsrisiko der drei Varianten). Die Anzahl Verdichtungszone wird beeinflusst vom Effekt der Bodenbearbeitung, des Anbaujahres, dem Verdichtungsrisiko und der Interaktion Bodenbearbeitung*Anbaujahr.

Bei pflugloser Bearbeitung gibt es unterhalb vom Bearbeitungshorizont **weniger Verdichtungszone, jedoch von größerer Ausdehnung** (unabhängig vom Verdichtungsrisiko der Varianten). Zwischen zwei Anpflanzungen lässt sich eine Abnahme der Verdichtungszone (Δ und ϕ) im Horizont 0-20 cm sowie im Bereich 0-10 cm (um 40 %) feststellen, dank der Rissbildung (Wurzeln, Frost, Quellung/Schrumpfung auch bei Sommerungen) (Foy, 2003).

(-)	Gesamtporenvolumen
-----	---------------------------

Lediglich das strukturbedingte Porenvolumen (Sekundärporen) ändert sich, das texturbedingte Porenvolumen (Primärporen) bleibt gleich (Guérif, 1994). Das **Gesamtporenvolumen** ist in gepflügten Schlägen geringfügig höher als in Schlägen mit Minimalbodenbearbeitung (Maillard, Neyroud & Vez; 1995), besonders im Frühjahr (Tebrügge & Düring; 1999), jedoch nicht unterhalb der alten Pflugsohle. Dort gibt es keine Unterschiede (Stengel; 1986). Vergleicht man dieselbe Parzelle mit 15 bzw. 30 Jahren Direktsaat, **so zeigt sich, dass die Direktsaat langfristig wieder zu Porenvolumen kommt** (Foy, 2003). Bei langjährig nicht bearbeiteten Böden war eine erhöhte Homogenität der Poren im Profilverlauf festzustellen (Baeumer & Bakermans, 1973; Kainz, 1989; Edwards et al., 1989; Kohl, 1989). **Schwankungen** des Porenvolumens kommen vor. **In manchen Jahren** nimmt das Porenvolumen mehr ab als zu: Verdichtungen, schwache Rissbildung. **Innerhalb des Jahres** verändert sich das Porenvolumen ebenfalls: Ernte. Die Geschwindigkeit der Veränderung des Porenvolumens unterscheidet sich: schnell im Falle von Verdichtungen, langsamer im Falle der Regenerationsprozesse (Richard et al., 2001).

(-)	Makroporenvolumen
-----	--------------------------

Für Tebrügge & Düring (1999) verändert sich das Volumen der Poren > 10 µm bei pflugloser Bodenbearbeitung nicht. Das Makroporenvolumen verändert sich in größerem Ausmaß. Der Anteil der Makroporen (>150 µm) nimmt ab, der der mittelgroßen Poren (0,1 - 50 µm) nimmt zu und der der kleinen Poren bleibt unverändert (Heddadj & Blondel, 2004). Andere Autoren berichten von einem **geringeren** Makroporenvolumen in der obersten Bodenschicht (**0-10 cm**) von minimal bearbeiteten Schlägen als bei gepflügten Schlägen. In der darunter liegenden Schicht (**10-20 cm**) **sind die Unterschiede vernachlässigbar** (Maillard, Neyroud & Vez; 1995). Im Gegensatz dazu beschreiben Nitzsche et al. (2000) ein leicht erhöhtes Makroporenvolumen im Oberboden, während an der Krumenbasis die reduziert bearbeiteten Böden ein deutlich höheres Makroporenvolumen aufweisen.

GESAMTPORENVOLUMEN

VORSTEHEND ZITIERTE AUTOREN UND DEREN VERSUCHSBEDINGUNGEN

	(Baeumer & Bakermans, 1973)	
	(Edwards et al., 1989)	
M/RE	(Foy, 2003)	Mons - tiefgründiger Lehm
M/RG	(Guérif, 1994)	
RG	(Heddadj & Blondel, 2004)	Frankreich (Morbihan)
RS	(Kainz, 1989)	D-Bayern - Modellierung des Erosionsverhaltens - Pflug/Mulchsaat
RE	(Kohl, 1989)	langjährig differenzierte Bodenbearbeitung
RG/RE	(Labreuche & Bodet, 2001)	F-Boigneville
RE	(Maillard, Neyroud & Vez, 1995)	CH-Changins
RE	(Nitzsche et al., 2000)	Langzeitversuche in Baden-Württemberg - Lockerung -
RG	(Richard et al., 2001)	Frankreich
RG/RE	(Stengel, 1986)	Frankreich - 10 jähriger ITCF-Versuch - ITCF/INRA
RE	(Tebrügge & Düring, 1999)	Deutschland

STRUKTURSTABILITÄT

SCHLUSSFOLGERUNG

Bei pflugloser Bodenbearbeitung wird die Strukturstabilität **verbessert**, durch **Mulch** und die **Aktivität der Mikroorganismen sowie der Mesofauna** des Bodens. Einmaliges Pflügen vernichtet diesen Vorzug vollständig.

(+)

EINZELERGEBNISSE

Die **oberste Bodenschicht** ist stabiler (Chervet et al., 2001; Nitzsche et al., 2000; Grube, 2003; Tebrügge, 2000). Zahlreiche Untersuchungen zeigen, dass der Anteil stabiler Aggregate im Bereich 0 – 2 cm bei pflugloser Bestellung nach 2-10 Jahren höher ist als bei Pflugfurche, sogar bei Böden mit schlechter Struktur, jedoch nicht so gut wie auf Grünland (Boone et al., 1976; Carter, 1992; Tomlinson, 1974; Douglas & Goss, 1982; Horne et al., 1992). Der Aufbau einer Mesofauna, die Mikroaggregate schafft (Holland, 2004) sowie das **Wachstum von Mikroben** und deren Zersetzung im Laufe des Streuabbaus beeinflussen auch die physikalischen Bodeneigenschaften, insbesondere die **Aggregatbildung** (Thevenet, 2001; Labreuche & Bodet, 2001). Dies äußert sich in einem höheren **Widerstand gegenüber Verschlammung** und auch Erosion, wegen dem Schutz durch einen Mulch, das heißt die gemulchten oder flach eingearbeiteten Ernterückstände der Vorfrucht (Delaunois et al., 2004).

Die positiven Effekte der mehrjährigen Anwendung reduzierter Bodenbearbeitungsverfahren auf die Aggregatstabilität im Oberboden sind allerdings **reversibel** und können nach einer Rückkehr zum herkömmlichen Pflug schnell wieder verschwinden (Mannering et al., 1975).

VORSTEHEND ZITIERTE AUTOREN UND DEREN VERSUCHSBEDINGUNGEN

	(Boone et al., 1976)	
RE	(Carter, 1992)	Direktsaat - Australien
RE	(Chervet et al., 2001)	Schweiz - 5 jährige Direktsaatversuche - sandiger Lehm
M/RE	(Delaunois et al., 2004)	F-Baziège (Midi-Pyrénées)
RE	(Douglas & Goss, 1982)	
RE	(Grube, 2003)	hessische Langzeitvergleichsstandorte
RG	(Holland, 2004)	Europa
RE	(Horne et al., 1992)	Mais und Hafer - Neuseeland
RG/RE	(Labreuche & Bodet, 2001)	Frankreich - ITCF
RE	(Mannering et al., 1975)	
RE	(Nitzsche et al., 2000)	Fusarien und Wasserhaushalt
RE	(Schjonning & Rasmussen, 1989)	feiner Lehm - Dänemark - 13 bis 18 Jahre
RG, RE	(Tebrügge, 2001)	Direktsaat
M	(Thevenet, 2001)	Frankreich
RE	(Tomlinson, 1974)	

DIE SCHEINBARE DICHTe (effektive Lagerungsdichte)

SCHLUSSFOLGERUNG

Die scheinbare Dichte steht in direktem Zusammenhang mit dem Gehalt an organischer Substanz. Bei pflugloser Bodenbearbeitung **nimmt die Dichte im bearbeiteten Oberboden ab** (Oberflächenhorizont, in dem Rückstände, organische Substanz und biologische Aktivität konzentriert sind) und **steigt unterhalb der bearbeiteten Zone an**. Eine Zunahme der Dichte innerhalb gewisser Grenzen muss nicht zwangsläufig negative Auswirkungen auf das Kulturwachstum haben.

EINZELERGEBNISSE

Der Verzicht auf das Pflügen zieht eine Abnahme der Dichte in den **oberen Schichten (0-5 cm)** nach sich, die auf das Vorhandensein von **Mulch** zurückzuführen ist (Carter & Steed, 1992; Crovetto Lamarca, 1999; Richter 1995; Beisecker, 1994). Einige amerikanische Autoren berichten nicht von Unterschieden in der Schicht **0-10 cm** (Blevins, et al., 1983, Chang & Lindwall, 1989; Campbell et al., 1989; Braim et al., 1992), andere von einer **Zunahme** der Dichte in dieser Schicht, d.h. von einem Horizont 5-10 cm **mit weniger Poren bei pflugloser Bearbeitung, selbst wenn dieser Horizont bearbeitet wird** (Tebrügge & Düring, 1999; Cannell & Hawes, 1994; Maillard et al., 1995; Ehlers et al., 1983; Chang & Lindwall, 1992; Pierce et al., 1992; Mahoubi et al., 1993 ; Labreuche & Bodet, 2001).

In der **darunter liegenden Schicht (10-20 cm)** wird in den europäischen Quellen **ab dem ersten Jahr** von einer (eher geringen) **Zunahme** der Dichte in **Abhängigkeit von der Art der Bodenbearbeitung** berichtet (Maillard, Neyroud & Vez, 1995; Heddadj & Blondel, 2004; Tebrügge & Düring, 1999; Labreuche & Bodet, 2001). Diese Dichte kann jedoch bei Direktsaat langfristig wieder abnehmen (Labreuche & Bodet, 2001). Abnahme der Dichte im Bereich der alten Pflugsohle (Tebrügge & Düring, 1999; Stengel, 1986). Die Zunahme der Dichte bedeutet jedoch nicht immer eine Verschlechterung der Durchwurzelbarkeit für die Kulturen, wie gezeigt von Braim et al. (1992).

VORSTEHEND ZITIERTE AUTOREN UND DEREN VERSUCHSBEDINGUNGEN

RE	Blevins et al., (1983)	USA - schluffiger Loess - 10 Jahre
RE	Braim et al., (1992)	USA
RE	Campbell et al., (1989)	USA
RG	Cannell & Hawes (1994)	USA
RE	Carter & Steed (1992)	Australien
RE	Chang & Lindwall (1989)	Kanada (Alberta), Lehm - 8 Versuchsjahre
RE	Chang & Lindwall (1992)	Kanada (Alberta), Lehm - 20 Versuchsjahre
RE	Crovetto Lamarca (1999)	Chile
RE	Ehlers et al., (1983)	USA
RE	Heddadj & Blondel (2004)	Frankreich - 1 Versuchsjahr - Kerguéhennec
RE	Labreuche & Bodet (2001)	F-Boigneville - Langzeitversuch
RE	Mahoubi et al. (1993)	USA (Ohio) - Grubber/Pflug
RE	Maillard et al., (1995)	CH-Changins - Langzeitversuch
RE	Pierce et al., (1992)	USA
RE	(Richter, 1995)	
RE	Stengel (1986)	Frankreich - 10 Versuchsjahre - ITCF/INRA
RE	Tebrügge & Düring (1999)	Deutschland - Langzeitversuch

WASSERSPEICHERFÄHIGKEIT

SCHLUSSFOLGERUNG

Pfluglose Verfahren haben einen **neutralen bis positiven Effekt auf die Wasserspeicherfähigkeit** des Bodens. Sie weisen Vorteile auf in trockenen Jahreszeiten oder in Trockengebieten. Im Bereich von Verdichtungen kann jedoch örtlich die Gefahr der Austrocknung bestehen.

EINZELERGEBNISSE

Auswirkung des Wassergehalts eines Schlages

In **Versickerungssituationen** (nahe der Sättigungsgrenze) ist die **Wasserspeicherfähigkeit** des Bodens mit einer bestimmten Wasserspeicherkapazität wegen einem geringeren Porenvolumen **reduziert**. Unter **Verdunstungsbedingungen** ist die Wasserspeicherfähigkeit in den allerobersten Boden-Zentimetern **verbessert**, wegen einem höheren Humusgehalt im Oberboden (deshalb trocknen diese im Frühjahr schlechter ab). Der Unterschied bei der nutzbaren Feldkapazität ist deshalb kaum spürbar (Germon, 1994; Richard et al., 2004).

(+) Wasserrückhaltefähigkeit

Im **Oberboden** (0-10 cm) ist die Wasserkapazität in den minimal bearbeiteten Parzellen geringfügig **höher** als bei gepflügten (Maillard, Neyroud & Vez, 1995; Rasmussen, 1999; Nitzsche et al., 2000; Grube, 2003; Tebrügge, 2000) oder bei gegrubberten Böden, ausgenommen die Mährescherspuren (Mahboubi et al., 1998). Das Wasserspeichervermögen in der Schicht 0-12 cm ist um 6% höher als bei herkömmlicher Bearbeitung (Lafond et al., 1992), ja sogar um 9% (bis zu 3 m Tiefe) im nicht bearbeiteten Teil von Direktsaat, gegenüber einer Reihenaufbereitung (Smika, 1990). Gegenüber konventionellen Verfahren steht mehr als 50% mehr Wasser zur Verfügung; gegenüber Wiese steigt die verfügbare Wassermenge nach 7 Jahren um 35% (Crovetto Lamarca, 1996). Die **Stoppelbearbeitung** zeigt Wirkung: die nutzbare Feldkapazität steigt bei pflugloser Bearbeitung um 19 mm jährlich mit Stoppelbearbeitung und nur um 3 mm/Jahr ohne Stoppelbearbeitung (Oleary, 1996). In **Trockenjahren** sind die Maiserträge auf den 3 Versuchsstandorten für pfluglose Bodenbearbeitung im Unterelsass signifikant höher als gepflügt.

Dies gilt besonders für die Direktsaat (mit Lockerung) und in geringerem Maße für Geräte mit Zinken (Grubber) (entgegengesetzte Ergebnisse zu früheren Jahren) (Huss, 2003).

Die Regenwürmer erhöhen die Speicherkapazität des Bodens in schluffigen Böden (Potthoff & Beese, 1999). Andere Autoren stellen keine generellen Unterschiede bei der Wasserspeicherung zwischen pflugloser und konventioneller Bearbeitung fest (Chang & Lindwall, 1989; Chang & Lindwall, 1992; Lal et al., 1989) oder lediglich in der tieferen Schicht (10-20 cm) (Maillard, Neyroud & Vez, 1995). Unter Direktsaat ist gegenüber Pflugbewirtschaftung eine bis zu 50 % geringere Abnahme des Makroporenvolumens durch **Verdichtung** festzustellen (Tebrügge & Düring, 1999), obwohl nach mehreren Jahren eine messbare Verbesserung des durch den Pflug geschädigten Gefüges in einer Tiefe von 20 cm zu erwarten ist (Pronin, 2003).

VORSTEHEND ZITIERTE AUTOREN UND DEREN VERSUCHSBEDINGUNGEN

RE	(Chang & Lindwall, 1989)	Kanada (Alberta) Lehm - 8 Versuchsjahre
RE	(Chang & Lindwall, 1992)	Kanada (Alberta) Lehm - 20 Versuchsjahre
RG	(Crovetto Lamarca, 1996)	Chile - pfluglos/konventionell/Wiese
M	(Germon, 1994)	Frankreich

RE	(Grube, 2003)	hessische Langzeitvergleichsstandorte
RE	(Huss, 2003)	F - Bas-Rhin - 3 Versuchsstandorte - Maismonokultur
RS	(Kainz, 1989)	D-Bayern - Modellierung des Erosionsverhaltens - Pflug/Mulchsaat
RG	(Krück et al., 2001)	
RE	(Lafond et al., 1992)	CDN - Saskatchewan
RE	(Lal et al., 1989a)	USA drainierter Lehm - 12 Versuchsjahre
RE	(Mahboubi et al., 1998)	USA (Ohio) - Grubber/Pflug
RE	(Maillard et al., 1995)	CH-Changins - Pflug und Direktsaat in Standardfruchtfolge
RE	(Nitzsche et al., 2000)	Deutschland
RE	(Oleary, 1996)	Australien
RG	(Potthoff & Beese, 1999)	Deutschland
RE	(Pronin, 2003)	D-Brandenburg und RU-Novosibirsk - Lehmiger Sand und auf Schwarzerde
RE	(Rasmussen, 1999)	Skandinavien
M	(Richard et al., 2004)	
RE	(Smika, 1990)	USA - 12 Versuchsjahre
RE	(Tebrügge, 2000)	
RE, RG	(Tebrügge & Düring, 1999)	D-Hessen - Langzeituntersuchungen zu Direkt- und Mulchsaat

WASSERLEITFÄHIGKEIT

SCHLUSSFOLGERUNG

Bei pflugloser Bearbeitung ist mittelfristig die **Wasserleitfähigkeit** durch die **Kontinuität der klima- und biogenen Poren** (starker Einfluss von Regenwurmgingen und Wurzeln bei ständiger Bodenbedeckung) **nachhaltig verbessert**, wenn diese nicht durch Bewirtschaftungsmaßnahmen zerstört werden.

EINZELERGEBNISSE

(+)	Wirkung der Poren
------------	--------------------------

Wenn der Boden beinahe oder vollständig wassergesättigt ist, werden **Flüssigkeiten** in großer Menge und sehr schnell **in den größten Poren abgeleitet**, d.h. hauptsächlich im Strukturporenvolumen (Ney, 1987). Die Wasserleitfähigkeit ist umso besser, je weniger Poren durch die Überfahrt von Maschinen zerstört werden. Die Wirksamkeit des **Riss-Porenvolumens** hängt vom Quellungszustand des Bodenmaterials ab und den sich daraus ergebenden Konsequenzen für die Risse. Dagegen scheinen die **Röhrenporen biologischen Ursprungs** eine relativ stabile Komponente der hydraulischen Leitfähigkeit zu sein (Fiès, 1982), ja sogar einer der Hauptfaktoren (Ehlers, 1975). In **nicht gesättigtem Zustand** wird die **Wasserverlagerung** durch eine Kontinuität der flüssigen Phase und somit ein geringes Strukturporenvolumen **begünstigt** (Guérif, 1994). Bei Winterungen stellen Heddadj & Blondel (2004) sowie Holland (2004) eine Regenverdauung durch vom Pflug **geschaffene Poren** fest. Bei Mais sind jedoch pfluglose Verfahren günstiger, da der Mulch einer **Verschlämmung** vorbeugt. Die Infiltrationsgeschwindigkeit ist dadurch in 5 aufeinander folgenden Jahren bei Direktsaat 10 - 25 Mal höher als bei Pflug, insbesondere wenn sich in der Fruchtfolge keine Hackfrüchte befinden (Chervet et al., 2001; Cluzeau et al., 2001).

(+)	<p>Kontinuität der Poren</p> <p>Die biogenen Hohlräume und Poren stellen die bevorzugten Transportwege für strömende Flüssigkeiten und für Ionen dar, welche aufgrund ihres Absorptionsverhaltens gemeinhin als wenig mobil gelten. Das biogene Porenvolumen hängt von der Anwesenheit von Mulch an der Bodenoberfläche ab; beide zusammen erleichtern die Wasserinfiltration (Arshad et al., 1999; Elliott et al., 1999). Ehlers (1975) bestätigt den positiven Einfluss von Regenwurmgingen auf die Wasserleitfähigkeit, insbesondere unter gesättigten Bedingungen zwischen dem Oberboden und dem Boden unter der Pflugsohle (Douglas et al.; 1980). Bei Löss erreichen die Regenwürmer die Oberfläche und sorgen für einen Wasserabfluss bis in 1,8 m Tiefe. Dagegen können Regenwurmhäufen in gepflügten oder ungepflügten Böden den Wasserabfluss behindern (Guérif, 1994). Mehrere Autoren warnen vor einer möglichen Behinderung der Belüftung in nassen schweren Böden bei der Direktsaat (Baeumer & Bakermans, 1973; Kainz, 1989; Edwards et al., 1989; Kohl, 1989).</p>
------------	--

WASSERLEITFÄHIGKEIT

		KEINE Unterschiede festgestellt
RE	Blevins et al.(1983)	USA - schluffiger Loess - 10 Jahre
RE	Chang & Lindwall (1989)	Kanada - toniger Lehm und Lehm - 10 Jahre
RE	Heard et al. (1988)	USA - toniger Lösslehm - 10 Jahre
RE	Horne et al. (1992)	Neuseeland - Lehm - 10 Jahre
RE	Lal et al. (1986)	USA - tonig - 12 Jahre
RE	Lal & Van Doren (1990)	USA - schluffiger Loess - 25 Jahre
RE	Mielke et al. (1986)	USA - schluffiger Loess - 6 und 11 Jahre
RE	Pikul et al. (1993)	USA - Lösslehm - 27 Jahre
RE	Sauer et al. (1990)	USA - Sand - 5 Jahre
		Vorteile für den Pflug
RE	Heard et al. (1988)	USA - schluffiger Loess - 5 Jahre
RE	Heddadj & Blondel (2004)	Frankreich - 1 Jahr - Winterung
RE	Lindstrom et al. (1984)	USA - toniger Lehm - 10 Jahre
RE	Mielke et al. (1986)	USA - schluffiger Loess - 6 Jahre
		Vorteile für pfluglose Verfahren
RE	Chervet et al. (2001)	CH-Zollikofen - 5 Jahre
RE	Cluzeau et al. (2001)	Schweiz - Direktsaat - 5 Jahre
RE	Culley et al. (1987)	USA - schluffiger Loess - 4 Jahre
RE	Heddadj & Blondel (2004)	Frankreich - 1 Jahr - Mais
RG	Holland (2004)	Europa
RE	Mahboubi et al. (1993)	USA - schluffiger Loess - 28 Jahre

VORSTEHEND ZITIERTE AUTOREN UND DEREN VERSUCHSBEDINGUNGEN		
M/RG	(Arshad et al., 1999)	
RE	(Chervet et al., 2001)	CH-Zollikofen - 5 Jahre
M/RG	(Douglas et al.; 1980)	
M/RG	(Ehlers, 1975)	
M/RG	(Elliott et al., 1999)	
M/RG	(Fiès, 1982)	
M/RG	(Guérif, 1994)	Frankreich - ITCF
RE	(Heddadj & Blondel, 2004)	F-Kerguéhennec - 1 Jahr - Weizen und Mais
RG	(Holland, 2004)	Skandinavien
M/RG	(Ney, 1987)	Frankreich
M/RG	(Richard et al., 2004)	Frankreich

THERMISCHES VERHALTEN

SCHLUSSFOLGERUNG

Bei pfluglosen Verfahren ist der **Boden kälter** wegen des Mulchs und dem geringeren Porenvolumen.

(-)

EINZELERGEBNISSE

Bei pflugloser Bearbeitung verläuft die **Vegetationsentwicklung im Frühjahr** auf schweren und feuchten sowie auf hellen Böden (+3,5% Endtemperatursumme im Jahresverlauf) **langsamer** und die **Temperaturunterschiede** sind größer (Mulch und geringeres Porenvolumen) (Labreuche et al., 2003; Labreuche & Bodet, 2001). Erklären lässt sich diese langsamere Bodenerwärmung mit der **Bodenfeuchte** in den obersten 5 Zentimetern. Die Geschwindigkeit des Feldaufgangs ist mit der Bodentemperatur in 3 cm Tiefe korreliert. Der Einfluss der Bodenbearbeitung schwächt sich ab dem 6-Blatt-Stadium des Mais ab (Labreuche et al., 2003). Die Wärmeleitung wird erleichtert durch ein **Strukturporenvolumen** von über 10%. Bei pflugloser Bearbeitung sind die Poren eher durch **Kapillarwasser** und **lokale Verdichtungen** verstopft (Guérif, 1994).

VORSTEHEND ZITIERTE AUTOREN UND DEREN VERSUCHSBEDINGUNGEN

RE	(Labreuche et al., 2003)	F-Boigneville und Midi-Pyrénées
RE	(Labreuche & Bodet, 2001)	F-Boigneville
M	(Guérif, 1994)	Europa

TRAGFÄHIGKEIT

SCHLUSSFOLGERUNG

Die **Tragfähigkeit** wird durch pfluglose Bodenbearbeitungsverfahren **verbessert**.

(+)

EINZELERGEBNISSE

Die **Reduzierung der Makroporen** im Oberboden bringt eine Verbesserung der Tragfähigkeit mit sich, die eine frühzeitigere Ausbringung von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln ohne Bodenschäden erlaubt (Viaux, 2001). Das Makroporenvolumen ist reduziert wegen der **fehlenden Zerkleinerung** und der erhöhten Kompaktheit, die daraus folgt. Die Zahl der verfügbaren Feldarbeitstage nimmt zu. Die Fahrspuren reichen nur wenige Zentimeter tief (Guérif, 1994).

VORSTEHEND ZITIERTE AUTOREN UND DEREN VERSUCHSBEDINGUNGEN

RG	(Viaux, 2001)	Frankreich - ITCF
RG	(Guérif, 1994)	Frankreich - INRA

Agronomische Aspekte der pfluglosen Bodenbearbeitung

Veränderung der chemischen Bodeneigenschaften durch pfluglose Bodenbearbeitung

ENTWICKLUNG DER PARAMETER pH, OS, P und K IN VERSCHIEDENEN BODENHORIZONTEN

SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die flache Bodenbearbeitung sowie die Direktsaat bedingen eine **oberflächennahe Anreicherung von Ernterückständen und damit der Nährstoffe P, K sowie der organischen Substanz** infolge des mechanischen Effekts des nicht-Vergrabens. Die Umwandlungsprozesse der organischen Substanz bringen eine **Versauerung (an der Oberfläche)** mit sich. Bei tiefer, mischender Bodenbearbeitung, z.B. mit dem Grubber, ist dieser Effekt weniger ausgeprägt. Die Veränderung dieser chemischen Bodeneigenschaften spielt sich jedoch in einem relativ bescheidenen Rahmen ab. Sie wirkte sich in keinem Fall negativ auf die Erträge der Kulturen aus. Durch die Anwendung wechselnder Bodenbearbeitungsgeräte mit unterschiedlicher Bearbeitungstiefe sollte sich eine gleichmäßigere Verteilung der Nährstoffe im Bearbeitungshorizont sicherstellen lassen, unter Inkaufnahme einer Abschwächung der günstigen Wirkungen einer Anreicherung nahe der Oberfläche, insbesondere im Falle von Humus.

EINZELERGEBNISSE

Die pfluglose Bearbeitung bewirkt eine **Anreicherung** von Humus und den Nährstoffen P und K in den bearbeiteten oberflächennahen Bodenhorizonten (Kupers & Ellen, 1970; Dick, 1993; Drew & Shaker, 1978; Ellis & Howse, 1980; Ball & O'Sullivan, 1985; Coote & Ramsey, 1989; Rhoton et al., 1993; Smetten et al., 1992; Ketcheson, 1980; Borresen & Njos, 1993; Germon et al., 1994; Tebrügge & Düring, 1999; Labreuche, 2004; Guérif, 1994; Delaunois, 2004; Maillard & Vez, 1988) um 7% bei pflugloser Bearbeitung und um 14% bei Direktsaat und flachgründiger Bearbeitung nach 15 Jahren (Labreuche, 2004). Parallel dazu zeigt sich meistens **in den darunter liegenden Schichten** eine Abnahme dieser Stoffe (gleiche Autoren), dies jedoch nicht in jedem Fall (Blevins et al., 1983; Kupers & Ellen, 1970; Maillard & Vez, 1988; Francis & Knight, 1993). Die Aufrechterhaltung einer tiefen, mischenden Bodenbearbeitung (Grubber) verdünnt die organische Substanz nachhaltiger (Maillard & Vez, 1988).

Aus dieser Anreicherung von organischer Substanz an der Oberfläche folgert eine **Abnahme des pH-Werts** in den oberflächennahen Schichten (Dick, 1993; Blevins et al., 1983; Follett & Peterson, 1988; Rhoton et al., 1993; Diez et al., 1988; Borresen & Njos, 1993; Maillard & Vez, 1988). Fast genauso viele stellen **keinen pH-Wert-Unterschied** fest. (Kupers & Ellen, 1970; Ellis & Howse, 1980; Coote & Ramsey, 1983; Smetten et al., 1992). Die Abnahme ist bei Direktsaat und flachgründiger BB schnell feststellbar, nicht jedoch bei einer tiefgründigeren Einmischung. Bei Beibehaltung einer tiefgründigen Bearbeitung mit dem Grubber dauert es 20 Jahre (Maillard & Vez; 1988 - 1994).

VORSTEHEND ZITIERTE AUTOREN UND DEREN VERSUCHSBEDINGUNGEN

RE	Ball & O'Sullivan (1985)	Schottland
RE	Blevins et al. (1983)	nach 50 Jahren Wiese - Direktsaat/Pflug/pfluglos - trockener Karst - 10 Jahre
RE	Borresen & Njos (1993)	Norwegen

RE	Coote & Ramsey (1989)	Kanada
RE	Crovetto Lamarca (1999)	Chile
RE	Delaunois (2004)	F - Midi-Pyrénées
RE	Dick (1993)	USA
RE	Diez et al. (1988)	Deutschland
RE	Drew & Shaker (1978)	England
RE	Ellis & Howse (1980)	England
RE	Follett & Peterson (1988)	USA
RE	Francis & Knight (1993)	Neuseeland
M/RE	Germon et al., (1994)	F-Grignon
RE	Guérif (1994)	Frankreich
RE	Haynes & Knight (1989)	Neuseeland
RE	Horne et al. (1992)	Neuseeland - Lehm - 10 Jahre
RE	Ketcheson (1980)	Kanada
RE	Kupers & Ellen (1970)	Niederlande
RE	Labreuche (2004)	F-Boigneville - Langzeitversuch
RE	Maillard & Vez (1988)	Schweiz
RE	Maillard et al., (1994)	CH-Changins
RE	Nutall et al. (1986)	Kanada
RE	Rhoton et al. (1993)	USA
RE	Smetten et al. (1992)	Australien
RE	Tebrügge, Düring (1999)	Deutschland

MINERALISATION (NITRIFIKATION)

SCHLUSSFOLGERUNGE N

Die **physikalische und Temperaturveränderung im Profil** führt **kurz- und mittelfristig** zu einer **veränderten Mineralisationsdynamik** bis hin zu einer **markant reduzierten Mineralisierung bei Vegetationsbeginn im Frühjahr**.

EINZELERGEBNISSE

Effekte der Porenverteilung und der organischen Substanz

Die Bodenbearbeitung stört die Struktur des Bodens und setzt damit die organische Substanz der Mineralisierung aus (Abbaugeschwindigkeit bei pflugloser Bearbeitung in Boigneville halb so schnell). Der Abbau organischer Substanz hängt vom **Kontakt zwischen Ernterückständen und Boden** sowie der **Stickstoffverfügbarkeit der Mikroorganismen** ab (wegen der Ablage der Ernterückstände auf der Oberfläche) (Thevenet, 2001). Die **Mineralisations- und Humifizierungskoeffizienten** nehmen bei pflugloser Bodenbearbeitung ab (Labreuche & Bodet, 2001; Germon et al., 1994; Dowdell & Cannell, 1975). Die Abnahme der Mineralisation ist erklärbar durch die **Zunahme der offensichtlichen Lagerungsdichte**, eine **stärkere Versauerung**, die **Bodenfeuchtigkeit**, insbesondere im Frühjahr, eine **niedrigere Bodentemperatur** und eine **langsamere Erwärmbarkeit**. (Germon et al., 1994).

(+) Nitrifikation

Messungen haben zwischen März und November im Horizont 0 - 5 cm eine

höhere Nitrifizierungsaktivität nachgewiesen, dank einer besseren Verfügbarkeit von **Ammonium-Ionen**, einer besseren **Feuchtigkeit** und einem besseren pH-Wert, jedoch ohne Unterschiede in der Tiefe (Angle et al., 1993; Groffman, 1984). Bei pflugloser Bodenbearbeitung ist die Nitrifikation auch während **Trockenperioden** besser (höhere Feuchte) (Rice & Smith, 1983). Auf einem sandigen Lehm mit Mais ist die Mineralisierung **unter der Reihe** um 50% höher als zwischen den Direktsaat-Reihen. Bei flachgründiger Bodenbearbeitung zeigt sich keine Auswirkung auf die Saat. In der Wachstumsperiode ist die Mineralisierung bei Direktsaat stärker als bei flachgründiger Bodenbearbeitung (Staley et al., 1988).

(=)	Gesamt-Stickstoffmenge
------------	-------------------------------

Die **andersartige Mineralisierungsdynamik** bei pflugloser Bodenbearbeitung (Mineralisierungspeaks beim Pflug im Frühjahr; pfluglos verzögert und mit kleinerer Amplitude) bedingt eine von **Jahr zu Jahr zwischen Pflug und pfluglos wechselnde Menge an gelöstem Nitrat**, schlussendlich sind die mineralisierten Mengen aber gleich (Doran, 1980; Germon et al., 1994; Reinhard et al., 2001; Baker, 1985). Die **Inertheit** der Systeme der reduzierten BB ist folglich größer (Follett & Schimel, 1989). Für Maillard (1992) sind die Bodenvorräte an mineralisiertem Stickstoff **unabhängig von der Art der Bodenbearbeitung**. Im übrigen ist wegen der biologischen Aktivität der Mikroorganismen die Phosphorverfügbarkeit verbessert.

Schulze & Grimm (2000) finden ca. 10 kg/ha weniger Stickstoff zur Verfügung bei Mulchsaat und Direktsaat. Die Feldversuche ergaben im Winter bei Pflugbewirtschaftung höhere Reststickstoffgehalte als bei Mulchsaat und bei Direktsaat. Die Variante Mulchsaat hatte die niedrigsten Nitratwerte im Herbst und über den Winter. Pronin (2003) stellte bei Direktsaat höhere Nitratgehalte im Herbst gegenüber gepflügten Flächen fest. Diese werden **auf niedrigere Erträge zurückgeführt**. Es wird auf das Risiko der Stickstoffverlagerung hingewiesen, wenn erwartete Erträge nicht realisiert werden können. Es empfiehlt sich eine gründliche Stickstoffkontrolle, speziell während der Umstellungsphase.

(+)	Potentiell mineralisierbare Vorräte
------------	--

Eine Zunahme des potentiell mineralisierbaren Vorrats steht einer Abnahme der Mineralisierung gegenüber (Dowdell & Cannell, 1975). Die Mineralisierung und das Wachstum der Pflanzen dürften im Laufe der Zeit die Unterschiede in der Verteilung im Boden sowie der Stickstoffverwertung zwischen einer Direktsaat und einer flachen Bodenbearbeitung reduzieren (Carter & Rennie, 1987).

VORSTEHEND ZITIERTE AUTOREN UND DEREN VERSUCHSBEDINGUNGEN
--

RE	(Angle et al., 1993)	USA, sandig-toniger Lehm; Winter- und Sommergetreide
RG	(Baker, 1985)	Zusammenstellung von 8 US-Versuchen, GB
RE	(Blevins et al., 1983)	Mais nach 50 Jahren Wiese - Direktsaat/Pflug - kalkhaltiger, drainierter lehmiger Sand - 10 Jahre
RG	(Carter & Rennie, 1987)	Kanada - 3 Jahre - Direktsaat/flachgründige Bearbeitung - Braunerde
RE	(Doran, 1980)	USA
RG	(Dowdell & Cannell, 1975)	USA
RE	(Follett & Schimel, 1989)	USA
M	(Germon et al., 1994)	Frankreich (ITCF-Versuch)
RL	(Groffman, 1984)	
RE	(Kockmann et al., 1991)	

RE	(Labreuche & Bodet, 2001)	F-Boigneville 28 Jahre - Dauerversuch
RE	(Langlet & Rémy, 1976)	F-Boigneville
RE	(Maillard, 1992)	F-Boigneville
RE	(Pronin, 2003)	Lehmiger Sand und Schwarzerde (D-Brandenburg und RU-Novosibirsk)
RE	(Reinhard et al., 2001)	CH-Zollikofen - Versuchsperiode: 1994-1999
RE	(Rice & Smith, 1983)	USA
RE	(Schulze & Grimm, 2000)	D - Baden-Württemberg - 13 Standorte
RE	(Staley et al., 1988)	USA - Mais auf sandigem Lehm - Direktsaat/Pflug - 3 Jahre
M	(Thevenet, 2001)	Frankreich (ITCF-Versuche)

DENITRIFIZIERUNG

SCHLUSSFOLGERUNG

Die **Denitrifizierung** ist bei pflugloser Bodenbearbeitung **stärker**.

(-) EINZELERGEBNISSE

Die **Denitrifizierung ist bei pflugloser Bodenbearbeitung stärker als mit Pflug** (Rice & Smith, 1983; Aulakh et al., 1984; Germon et al., 1994) und **bei Direktsaat stärker als bei flachgründiger Bearbeitung, insbesondere zum Zeitpunkt der Ernte** (Staley et al., 1990). Sie ist besonders stark in Nässeperioden (Dowdell & Cannell, 1975), dies aber sowohl bei pflugloser als auch bei pflügender Bearbeitung (Gillian & Hoyt, 1987). Bei Direktsaat können dadurch 2-8 kg N/ha*Jahr verloren gehen (Gillian & Hoyt, 1987).

VORSTEHEND ZITIERTER AUTOREN UND DEREN VERSUCHSBEDINGUNGEN

RE	(Aulakh et al., 1984)	USA
RE	(Dowdell & Cannell, 1975)	GB
RG	(Gillian & Hoyt, 1987)	Europa, USA
RE	(Rice & Smith, 1983)	USA
RE	(Staley et al., 1990)	USA - Mais auf sandigem Lehm

Nährstoffeinbau in Humus

SCHLUSSFOLGERUNG

Die **Festlegung von Nährstoffen** ist bei pflugloser Bearbeitung **stärker**. Die Dynamik organischer und mineralischer Nährstoffe verändert sich durch die Bodenbearbeitung ohne Pflug. Wegen Denitrifizierung, Festlegung in Humus und geringerer Mineralisierung sind **Nährstoffe** in mineralisierter Form für die Kulturen im Allgemeinen **schlechter verfügbar**. Ausnahmen bei Trockenheit und nicht degradiertes, poröser Bodenstruktur.

(+)

EINZELERGEBNISSE

Bei pflugloser BB wird **Stickstoff schneller in die Organische Substanz eingebaut**, wegen einer größeren Mikroorganismenpopulation (Doran, 1980; Fox & Bandel, 1986). Sie entspricht 50 kg N/ha*Jahr Festlegung bei Lehm (Gilliam & Hoyt, 1987; Fleige & Baeumer, 1974). Reinhard et al. (2001) berichten von einer **Steigerung des Humusgehalts im Horizont 0-10 cm um 10% innerhalb von 5 Jahren Direktsaat** und einer parallel dazu verlaufenden Stickstofffestlegung; Langlet & Rémy (1976) von Zunahmen um 14% und 10% nach 4 Jahren pflugloser bzw. oberflächlicher BB in Boigneville sowie von 27% und 14% Zunahme nach 15 Jahren im Oberboden in Grignon. Dies ist zurückzuführen auf größere Populationen von anaeroben Mikroorganismen bei Direktsaat (Groffman et al., 1985).

VORSTEHEND ZITIERTE AUTOREN UND DEREN VERSUCHSBEDINGUNGEN

RG	(Doran, 1980)	USA
RG	(Fox & Bandel, 1986)	
RG	(Gilliam & Hoyt, 1987)	Europa, USA
RG	(Fleige & Baeumer, 1974)	Deutschland
RE	(Groffman et al., 1985)	Winterweizen, USA
RE	(Langlet & Rémy, 1976)	F-Boigneville und F-Grignon
RE	(Reinhard et al., 2001)	Schweiz

PRAKTISCHE KONSEQUENZEN FÜR DAS STICKSTOFFMANAGEMENT

SCHLUSSFOLGERUNG

Die in den ersten Jahren nach der Umstellung insbesondere bei Direktsaat zu beobachtenden Verzögerungen bei der Mineralisation und der Vegetationsentwicklung können durch eine **stärkere Betonung der ersten Stickstoffgabe (zu Lasten der folgenden Gaben)** oder die Verwendung eines **schneller wirkenden Düngers** reduziert werden. Die Nmin-Ergebnisse nach der Ernte zeigen jedoch, dass dies **nicht in jedem Jahr nötig** oder für die Qualität der Erzeugnisse vorteilhaft ist.

EINZELERGEBNISSE

(-) Stickstoffaufnahme

Die **Stickstoffaufnahme** kann infolge **geringerer Mineralisation** und auch **schlechterer Durchwurzelung** infolge der Bodenstruktur **vermindert** sein (Germon et al., 1994; Kockmann et al., 1991) oder wegen einer kulturbedingt unterschiedlichen N-Aufnahme (Maillard, 1992).

(~) Zusätzliche Stickstoffdüngung

Ein Stickstoffmangel in den frühen Entwicklungsstadien kann sich auf die Anlage von früh determinierten Ertragskomponenten verheerend auswirken. Wird die **erste Düngergabe** erhöht, gibt es keinen Ertragsunterschied mehr. Eine Erhöhung der ersten Stickstoffgabe zu Mais (Germon et al., 1994; Blevins et al., 1983; Langlet & Rémy, 1976; Reinhard et al., 2001) lässt sich durch eine geringere Durchwurzelung im Frühjahr bei Direktsaat sowie eine verschobene Mineralisierungskurve rechtfertigen (Fox & Bandel, 1986).

Bei Direktsaat wurde die **erste Stickstoffgabe** bei Winterungen um 10 kg/ha **erhöht** (bei gleicher Gesamtmenge) und 5-6% Mehrertrag erzielt. Bei Mais, Zuckerrüben und Kartoffeln wurde die Gesamtdüngung in den ersten beiden Jahren um 20-25 kg N/ha erhöht. In den Folgejahren wurde zur Saat Ammoniumphosphat verabreicht, worauf es zu keiner Entwicklungsverzögerung mehr kam. Ab dem dritten Jahr stiegen die Erträge um 8,2% bei Mais und um 7% bei Zuckerrüben (Maillard & Vez, 1988). Die Stickstoffnachlieferung des Bodens ist insbesondere auf **schweren Tonböden** schwach, wegen einer geringeren mikrobiellen Aktivität. Dies gilt umso mehr, wenn für den Strohabbau (Maisstroh) Stickstoff benötigt wird. Dann muss die Stickstoffdüngung erhöht werden. Dies gilt jedoch nicht systematisch: Der **Jahreseffekt** ist ebenfalls zu berücksichtigen (Stemann, 2001; Schulze et al., 2000; Schulze & Grimm, 2000). Bei Weizen stellen Langlet & Rémy (1976) fest, dass die verzögerte Mineralisierung nicht zu einer geringeren Stickstoffabfuhr mit dem Erntegut führt.

Andererseits gibt es auch Untersuchungen, bei denen die Nmin-Gehalte des Bodens im **Frühjahr** mit und ohne Pflügen **gleich hoch** sind (Reinhard; 2001). Bei der **Düngungsbemessung** zu Weizen und Mais sollten **keine Unterschiede** gemacht werden (Maillard, 1992; Maillard & Vez; 1988). Bei Zuckerrüben in Direktsaat wurde wegen eines Wachstumsrückstandes im Juni eine Zusatzdüngung von 20 kg N/ha verabreicht (Gesamtmenge um 20 kg erhöht). Sie hat wohl einen **Stickstoffüberschuss** bewirkt, mit der Folge eines geringeren Zuckerertrags. Frühjahrmessungen in Wintergetreide haben keine Nmin-Unterschiede im Boden aufgezeigt. Nach Zwischenfrucht zeigten sich in Mais über die ganze Vegetationsperiode hinweg keine Unterschiede zwischen Direktsaat und Pflug. Eine Erhöhung der Stickstoffdüngung bei Direktsaat ist von daher nicht angezeigt

(Zihlmann et al, 2001).

Andererseits werfen die günstigen Auswirkungen von Senf-Zwischenfrucht auf den Maisertrag die Frage nach der **Düngung von Zwischenfrucht** auf, sofern die Nmin-Werte niedrig sind (Maillard & Vez; 1988). In den Phasen hoher Mineralisation (**ab Mai**) kann die **Düngung reduziert werden**, so dass der N-Aufwand in der Summe etwa gleich bleibt. Bei der Düngerform sollten schnellwirkende Dünger (AHL, KAS) bevorzugt werden (Stemann, 2001; Schulze et al. , 2000; Schulze & Grimm, 2000).

VORSTEHEND ZITIERTE AUTOREN UND DEREN VERSUCHSBEDINGUNGEN

RE	(Blevins et al., 1983)	Mais nach 50 Jahren Wiese - Direktsaat/Pflug - kalkhaltiger, drainierter lehmiger Sand - 10 Jahre
RG	(Fox & Bandel, 1986)	
M	(Germon et al., 1994)	Frankreich (ITCF-Versuche)
RE	(Kockmann et al., 1991)	
RE	(Langlet & Rémy, 1976)	F-Boigneville und F-Grignon
RE	(Maillard, 1992)	CH-Changins
RE	(Maillard & Vez, 1988)	CH-Changins
RE	(Maillard & Vez, 1995)	CH-Changins
RE	(Pronin, 2003)	Lehmiger Sand und auf Schwarzerde (D-Brandenburg und RU-Novosibirsk)
RE	(Reinhard et al., 2001)	CH-Zollikofen - Versuchszeitraum: 1994-1999
RE	(Schulze & Grimm, 2000)	D - Baden-Württemberg
RE	(Schulze et al., 2000)	D - Baden-Württemberg
RG	(Stemann, 2001)	
RE	(Zihlmann et al, 2001)	CH-Zollikofen, Versuchsperiode 1994-1999

Agronomische Aspekte pflugloser Bodenbearbeitung

Veränderungen der biologischen Eigenschaften infolge von pflugloser Bodenbearbeitung

REGENWÜRMER

SCHLUSSFOLGERUNG

Die pfluglosen Verfahren begünstigen im Allgemeinen die epigäischen und vertikalbohrenden (anözische) Arten von Regenwürmern mit einer gewissen Variabilität in Abhängigkeit vom Bodenbearbeitungsverfahren, vom Vorhandensein von Mulch oder Begrünung und vom Bodentyp.

EINZELERGEBNISSE

Regenwürmer begünstigende Faktoren

Eine Reduktion der Bearbeitungstiefe und -intensität, wie sie mit pflugloser Bearbeitung und insbesondere der Direktsaat erreicht wird, wirkt sich vorteilhaft auf die Anzahl und Biomasse von Regenwürmern aus (Ehlers et al., 1983; Bieri & Cuendet, 1989). Die Zunahme der Regenwurmpopulation hängt außerdem vom Bodentyp (Lehm von Vorteil) und der Bodenbedeckung (permanent bevorzugt) ab. Eine starke Zunahme tritt jedoch nicht systematisch ein (die Einarbeitung von Ernterückständen hat einen großen Einfluss). Die Biomasse ist größer, wenn in der Fruchtfolge nicht gehackt wird (Chervet et al., 2001). Mit konsequenter Begrünung ist es möglich, die Regenwürmer, insbesondere die erwünschten vertikal grabenden Formen, zu fördern. Positiv auf die Regenwurmpopulationen wirken sich organische Dünger, insbesondere Stallmist und Mulchdecken aus (Ehrmann, 2000; Ehlers, 1975; Tebrügge, 1987; Edwards, 1983).

(+) Beobachtungen zur Regenwurmentwicklung

Alle Autoren sind sich einig, dass die Regenwürmer in ungepflügten Parzellen zunehmen, insbesondere die epigäischen und anözischen Arten. Die kontinuierliche Zunahme von Regenwurmgängen betrifft vor allem die dichtgelagerten, stabilen Zonen (über 250 cm²), während die tieferen Zonen nicht verdichtet sind (Foy, 2003). Nach 22 Jahren stellen Delaunois et al. (2004) 6 Mal mehr Regenwurm-Biomasse, doppelt so viele Gänge im Bereich 25-40 cm und 30 Mal mehr in 5 cm Tiefe fest. Das Volumen der Regenwurmgänge nahm bei flacher Bodenbearbeitung um das 2,5-Fache und bei Direktsaat um das 11-fache zu, die Masse an Regenwurmkot um das 2,5 bzw. 8-fache (Cluzeau et al., 2001). Nach 20 Jahren Direktsaat stieg die Regenwurmpopulation von 20-35 auf bis zu 200 Individuen pro m² an (Tebrügge & Abelsova, 1998).

(+) Wirkung von Regenwürmern auf das Bodenprofil

Während der ersten drei Jahre wurde keinerlei Auswirkung auf die Bodenporen festgestellt. Es braucht 5 bis 10 Jahre pfluglose Bodenbearbeitung, bis man große Regenwurmgänge beobachten kann (Delaunois, 2004). Die von Regenwürmern angelegten Strukturen, die oft eine Haltbarkeit von Jahren bis Jahrzehnten haben, bauen sich erst zeitversetzt nach dem Anwachsen der Population auf, da innerhalb eines Jahres nur ein kleinerer Teil des Bodens verändert wird (Ahrberg, 2003; Bieri & Cuendet, 1989; Ehrmann, 2000). Die biologischen, chemischen und physikalischen Eigenschaften von Regenwurmkot hängen von den Umweltbedingungen ab: Bodenart sowie Menge und Qualität der organischen Substanz (Cluzeau et al., 2001). Die Regenwürmer

schaffen ein tiefreichendes, kontinuierliches Röhrensystem (Bioturbation), welches der **Bodendurchlüftung** dient und gleichermaßen als **Leitbahnen den Pflanzenwurzeln** einen tiefen Bodenaufschluß (Tebrügge & Abellova, 1998) und damit Zugang zu Wasservorräten ermöglichen. Wurzeln von tiefwurzelnden Pflanzen (z.B. Zuckerrüben und Raps) werden häufig in alten Regenwurmgingen gefunden (Graff, 1983). Regenwürmer arbeiten die jährlich anfallende Streu von Pflanzen und Laubbäumen praktisch vollständig in den Boden ein und verbessern damit das **Recycling von Nährstoffen** wesentlich (Bieri & Cuendet, 1989; Ehrmann, 2000; Tebrügge, 1987; Joschko et al., 2001; Ahrberg, 2003). Regenwürmer erhöhen die **Aggregatstabilität** und die **Speicherkapazität** des Bodens in schluffigen Böden durch ihre Kotablage auf dem Boden (Kretschmar, 1982; Potthoff & Beese, 1999).

Die Regenwurmzahl in einem Hektar erreicht bei Direktsaat 1.000.000 Tiere. Sie produzieren bis **20 Tonnen der fruchtbaren Ton-Humus-Komplexe**, in denen die Nährstoffe für die Wurzeln aufgeschlossen vorliegen (Volk, 2001). Regenwürmer sind in der Lage, Gänge **durch verdichtete Horizonte** zu graben. Grobporen, welche den Verdichtungshorizont durchstoßen, bilden für die Wurzeln wichtige Eindringungshilfen zu den tiefer liegenden Bodenschichten (Ehlers et al., 1983; Bieri & Cuendet, 1989).

REGENWÜRMER

VORSTEHEND ZITIERTE AUTOREN UND DEREN VERSUCHSBEDINGUNGEN

RE	Ahrberg (2003)	Winterweizen im Ökolandbau
RE	Anken et al. (1997)	Schweiz
RE	Berry & Karlen et al. (1993)	USA
RG	Bieri & Cuendet (1989)	Schweiz
RE	Chabert (1996)	Frankreich
RE	Chan, 2001	USA
RE	Chaussod (2001)	F-Caen - Lehm - flachgründige Bearbeitung
RE	Chervet et al. (2001)	Schweiz - sandiger Lehm
RE	Cluzeau et al. (2001)	Frankreich - tiefgründiger Lehm - flachgründige B./Direktsaat/Pflug
RE	Cure et al. (1991)	Frankreich
RE	Deibert et al (1991)	USA
RE	Delaunoy et al., (2004)	Frankreich (Midi-Pyrénées)
RE	De St Remy & Daynard (1982)	Kanada
RE	Diez et al. (1988)	Deutschland
RE	Doube et al. (1994)	Australien
RG	Edwards (1983)	
RE	Edwards & Lofty (1982)	England
RE	Ehlers (1975)	Deutschland - Lehm
RE	Ehlers et al. (1983)	Löss
RE	Ehrmann (2000)	D-Baden-Württemberg
RE	Ellis et al. (1977)	England
RE	Foy (2003)	B-Mons - tiefgründiger Lehm
RE	Francis & Knight (1993)	Neuseeland
RE	Gerard & Hay (1979)	England
	Graff (1983)	
RE	Hanes & Uren (1990)	Australien
RE	Haukka (1988)	Finnland

RE	Heddadj & Blondel, 2004)	Frankreich - Bretagne Kerguéhennec
RE	Hennuy et al. (1983)	Belgien
RE	Joschko et al. (2001)	D-Sachsen
RE	Karlen et al. (1994)	USA
RE	Kladivko et al. (1986)	USA
	Kretschmar (1982)	
RE	Labreuche & Bodet (2001)	Frankreich
RE	Maillard & Cuendet (1997)	Schweiz
RE	Mallett et al. (1987)	Südafrika
RE	Nuutinen (1992)	Finnland
RE	Parmelée et al. (1990)	USA
RE	Sturny (1988)	Schweiz
RE	Tebrügge, Düring (1999)	Deutschland
RE	Wyss & Glasstetter (1992)	Schweiz
RE, RG	Tebrügge & Abelsova (1998)	Pflug-Bodenbearbeitung-Direktsaat
	Tebrügge (1987)	
RG, M	Volk (2001)	

BIOLOGISCHE AKTIVITÄT

SCHLUSSFOLGERUNG

Die **Gesamtaktivität der Mikroorganismen** scheint von pflugloser Bodenbearbeitung, auch unter Ausblendung der Tatsache, dass diese sich auf einen **flachen Horizont** beschränkt, wenig gestört zu werden.

(=)

EINZELERGEBNISSE

Die pfluglose Bodenbearbeitung (insbesondere die Direktsaat) hat nicht immer einen positiven Effekt auf die biologischen Eigenschaften des Bodens (Mikroben-Biomasse, enzymatische und Atmungsaktivität). Oft gibt es nur einen simplen mechanischen **Anreicherungseffekt** von Mikroorganismen **an der Bodenoberfläche**. Auf gepflügten Schlägen ist die biologische Aktivität des Bodens im ganzen Pflughorizont (0-20 cm) einheitlich.

Bei Direktsaat ist der Stickstoffgehalt der Mikrobenbiomasse um 48% höher als bei flacher Bearbeitung, während der mineralisierte Stickstoff in der Schicht 2-5 cm um 62% abnimmt. Das Gewicht der Mikrobenbiomasse ist um 7% höher. In der Tiefe nimmt die biologische Aktivität ohne Bodenbearbeitung jedoch ab (Chaussod, 2001).

In den pfluglos bestellten Parzellen ist die biologische Aktivität **in den oberflächennahen Schichten intensiver** als in den tieferen Schichten. Schlussendlich gibt es **keinen signifikanten Unterschied bei der Mikroben-Biomasse**. Die Entwicklung der biologischen Eigenschaften des Bodens hängt vor allem mit der **Handhabung der organischen Substanz und der Pflanzenschutzmittelrückstände** zusammen.

VORSTEHEND ZITIERTE AUTOREN UND DEREN VERSUCHSBEDINGUNGEN

RE	Angers et al. (1993)	Argentinien
RE	Beck & Beck (1994)	Deutschland
	Böhm & Ahrens (1990)	Deutschland
RE	Carter & Rennie (1987)	Kanada
RE	Cartier (1986)	Kanada
RG	Chaussod et al., (2001)	Frankreich
RE	Dick & Daniel (1987)	USA
RE	Franzluebbers (1995)	Kanada
RE	Grocholl & Ahrens (1990)	Deutschland
RE	Haynes & Knight (1989)	Neuseeland
RE	Hendrix et al. (1988)	USA
RE	Jäggi et al. (1985)	Schweiz
RE	Karlen et al. (1994)	USA
RE	Maillard & Cuendet (1997)	Schweiz
RE	Reicosky et al. (1995)	USA
RE	Tamm & Krzysch (1964)	Deutschland
RE	Stanley et al. (1988)	Direktsaat
RG, RE	Tebrügge (2001)	Direktsaat
RE	Unger (1991)	Direktsaat

Anhang 1.2 Literaturverzeichnis

- Ackermann, R. (2002): Maismulchsaat rechnet sich. *Landwirtschaft ohne Pflug* 5/2002, S. 25-29.
- AG Alpen-Adria (2000): Bodenbiologische Untersuchungsmethoden auf Boden-Dauerbeobachtungsflächen. Empfehlungen einer abgestimmten Vorgehensweise der Unterarbeitsgruppe „Bodenbiologie auf Boden-Dauerbeobachtungsflächen“ der Arbeitsgruppe „Bodenschutz“ der AG Alpen-Adria des Institute of Earth Sciences (IST) der University of Applied Sciences of Southern
- Agreste-Haut-Rhin (2004): *Agreste Haut -Rhin* 7, 1-6.
- Ahl, C., Joergensen, R.G., Kandeler, E., Meyer, B. & Wöhler, V. (1998): Microbial biomass and activity in silt and sand loams after long-term shallow tillage in central Germany. *Soil & Tillage Research* 49 (1998), S. 93-104.
- Ahrberg, S. (2003): Einfluss differenzierter Bodenbearbeitung und unterschiedlicher Vorfrüchte auf die Stickstoffdynamik des Bodens sowie auf die Stickstoffaufnahme und Ertragsbildung von Winterweizen im Ökologischen Landbau. Diplomarbeit am Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung II, Professur für Organischen Landbau, Justus-Liebig-Universität Giessen.
- ALLB FREIBURG (o.J.): Natürliche Gegebenheiten im Dienstbezirk des Amtes. <http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/allb/Freiburg/start.htm>.
- Alvès, F. (2002): Le travail du sol simplifié: site de Kappelen, rapport, 7 pages.
- Ammon, H. U., Bohren, C., Scherrer, C., Wadlbürger, M. (1995): Erträge mit mechanisch oder chemisch regulierter Begrünung. *Agrarforschung*, 2: 389-392.
- Amt für Landwirtschaft Emmendingen-Hochburg (2004): Maistagung, Besprechung der Versuchsergebnisse 2003 auf der Hochburg. unveröffentlichte Tagungsunterlagen; Hrsg. Regierungspräsidium Freiburg, Referat 33,135 S.
- Angers, D. A., N'Dayegamiye, A., Cote, D. (1993): Tillage-induced differences in organic matter of particle size fractions and microbial biomass. *Soil Science Society of America Journal* 57, 512-516.
- Angle, J. S., Gross, C. M., Hill, R. L., McIntosh, M. S. (1993): Soil nitrate concentrations under corn as affected by tillage, manure, and fertilizer applications. *Journal of Environmental Quality* 22, 141-147.
- Angle, J. S., McClung, G., McIntosh, M. S., Thomas, P. M., Wolf, D. C. (1984): Nutrient losses in runoff from conventional and no-till corn watersheds. *Journal of Environmental Quality* 13.
- Anken, T. & Berweger, H. (1998): Den Kinderschuhen entwachsen, die Streifenfrässaat. *UFA-Revue*, Vol3/98:18-20.
- Anken, T., Heusser, J., Weisskopf, P., Zihlmann, U., Forrer, H. R., Hogger, C., Scherrer, C., Mozafar, A., Sturny, W. G. (1997): Soil cultivation systems. Direct sowing sets highest standards, In, *FAT-Berichte*, Switzerland, vol. 501, pp. 14.
- Anken, T., Sturny, W. G. (1992): A new implement combination. *Technique Agricole* 53, 15-17.
- Anonym. Sept points fondamentaux pour réussir la simplification du travail du sol. Publication APAD, Paris. <http://www.apad.asso.fr/images/pdf/ficheapadagro.pdf>
- Anonym (1998). Direktsaat: Erfolgreich umsetzen. *Agrarforschung* 5 (5), Beilage
- Anonym (2002). A Guide to Managing Crop Establishment. Publikation SMI, England. <http://www.smi.org.uk/docs/news/1037639465SMIguide2001.pdf>
- Anonymus (2005): Ährenfusarium: Gefahr nicht nur während der Blüte. *Top-agrar* 6/2005: 42-45.
- Arah, J. R. M., Smith, K. A., Crichton, I. J., Li, H. S. (1991): Nitrous oxide production and denitrification in Scottish arable soils. *Journal of Soil Science* 42, 351-367.
- Armand, R. (2004): Observation, appréciation et quantification du ruissellement appliquées aux parcelles cultivées en techniques culturales sans labour (TCSL): Mémoire de DESS, université de Strasbourg, 83.
- Arshad, M. A., Franzluebbers, A. J., Azooz, R. H. (1999): Components of surface soil structure under conventional and no-tillage in northwestern Canada. *Soil & Tillage Research* 53, 41-47.

- Auerswald, K. (2002): Schätzung des C-Faktors aus Fruchtartenstatistiken für Ackerflächen in Gebieten mit subkontinentalem bis subatlantischem Klima nördlich der Alpen. *Landnutzung und Landentwicklung* 43:1-5.
- Aulakh, M. S., Rennie, D. A., Paul, E. A. (1984): Gaseous nitrogen losses from soils under zero-till as compared with conventional-till management systems. *Journal of Environmental Quality* 13, 130-136.
- Baeumer, K. & Bakermans, W. A. P. (1973): Zero - tillage. *Adv. Agron.* 25: 77-123. In: KANÉ (2000).
- Baker, D. B. (1985a): Regional water quality impacts of intensive row-crop agriculture: a Lake Erie Basin case study. *Journal of Soil and Water Conservation* 40, 125-132.
- Baker, J. L., Laflen, J. M. (1981): Runoff losses of nutrients and soil from ground fall-fertilized after soybean harvest, In, *ASAE Paper*, vol. 81.
- Baker, J. L., Laflen, J. M. (1983): Water quality consequences of conservation tillage. *Journal of Soil and Water Conservation* 38, 186-193.
- Baker, J.-L. (1985b): Conservation tillage: water quality implications. A system approach of conservation tillage, F.M. D'Itri Edition.
- Balabane (2004): Rapport d'avancement du projet Dmostra (Gessol). Non publié.
- Ball, B. C., Campbell, D. J., Douglas, J. T., Henshall, J. K., O'Sullivan, M. F. (1997). Soil structural quality, compaction and land management. *European Journal of Soil Science* 48, 593-601.
- Ball, B. C., Lang, R. W., Robertson, E. A. G., Franklin, M. F. (1994): Crop performance and soil conditions on imperfectly drained loams after 20-25 years of conventional tillage or direct drilling. *Soil & Tillage Research* 31, 97-118.
- Ball, B. C., O'Sullivan, M. F., Lang, R. W. (1985): Cultivation and nitrogen requirement for winter barley as assessed from a reduced-tillage experiment on a brown forest soil. *Soil & Tillage Research* 6, 95-109.
- Barriuso, E., Calvet, R., Cure, B. (1994): Incidence de la simplification du travail du sol sur le comportement des produits phytosanitaires: conséquences sur les risques de pollution. *INRA Editions* 65, 105-124.
- Bartels, G. (2001): Pflanzenschutzmanagement bei pflugloser und reduzierter Bodenbearbeitung. *Mitteilungen der biologischen Bundesanstalt für Land-und Forstwirtschaft*. Parey Buchverlag; 1999.
- Bassemir, U.K. (2002): Collembolen und Bodenbearbeitung: Qualitative Aspekte, Bodenbearbeitung und Bodengesundheit, *Schriftenreihe Landesanstalt für Pflanzenbau und Pflanzenschutz*, Heft Nr. 13, Mainz.
- Bauchhenß, J., Juritsch, G., Labes, G., Öhlinger, R., Scherer, J., Schubert, A., Suttner, T. & Tscherko, D. (1998): Bodenbiologische Untersuchungsmethoden auf Boden-Dauerbeobachtungsflächen. Empfehlungen einer abgestimmten Vorgehensweise der Unterarbeitsgruppe „Bodenbiologie auf Boden-Dauerbeobachtungsflächen“ der Arbeitsgruppe „Bodenschutz“ der Arge Alpen-Adria.
- Bäumler, W. (2000): Beutegreifer dezimieren Feldmäuse. *Landwirtschaft ohne Pflug*, 5/2000, S. 5-8.
- Beck, T., Beck, R. (1994): The microbial biomass in agricultural soils. 1st communication: the spatial distribution of the biomass in soils. *Agribiological Research* 47, 284-294.
- Beisecker, R. (1994): Einfluß langjährig unterschiedlicher Bodenbearbeitungssysteme auf das Bodengefüge, die Wasserinfiltration und die Stoffverlagerung eines Löß- und eines Sandbodens. In: H.R. Bork, H.-G. Frede, M. Renger; F. Alaily, C. Roth & G. Wessolek (Hrsg.): *Bodenökologie und Bodengenesse*, Heft 12, Technische Universität Berlin, Selbstverlag.
- Benger, M. (2001): Von der Durststrecke Auf die Erfolgslinie. *DLZ-Agrarmagazin* 07/2002.
- Berger, B. M., Duhlmeier, D., Siebert, C. F. (1999): Tillage effects on persistence and distribution of trifluralin in soil. *Journal of Environmental Quality* 28, 1162-1167.
- Bergevoet, R. H. M., Ondersteijn, C. J. M., Saatkamp, H. W., van Woerkum, C. M. J. & Huirne, R. B. M. (2004): Entrepreneurial behaviour of dutch dairy farmers under a milk quota system: goals, objectives and attitudes *Agricultural Systems* Vol. 80(1): 1-21.
- Beste, A. (1999): Bodenbeurteilung mit dem Spaten in Praxis, Beratung und Wissenschaft. *Ökologie & Landbau* 110, 2/1999.

- Beste, A. (2002): Das Problem mit dem Wasser ist ein Bodenproblem. *Ökologie&Landbau* 124, 4/2002
- Beste, A., Hampl, U. & Kussel, N. (2001): Bodenschutz in der Landwirtschaft: Einfache Beurteilung für Praxis, Beratung und Forschung. Bad Dürkheim, Stiftung Ökologie & Landbau, *Ökologische Konzepte* 101, 111 S.
- Bieri, M. & Cuendet, G. (1989): Die Regenwürmer, eine wichtige Komponente von Ökosystemen Schweiz. *Landw. Fo. Recherche agronom. en Suisse* 28 (2), 1989 S.81-96.
- Bilalis, D., Vakari, C., Sidiras N. & Köpke, U. (o.J.): Einfluss von drei Bodenbearbeitungssystemen auf bodenphysikalische Eigenschaften und Wurzelwachstum von Wintergetreide auf einem Ackerstandort in Athen. Unveröffentlichtes Poster, Institut für organischen Landbau der Universität Bonn, im Internet unter <http://www.iol.uni-bonn.de/poster/14.pdf>.
- Blevins, R. L., Thomas, G. W., Smith, M. S., Frye, W. W., Cornelius, P. L. (1983): Changes in soil properties after 10 years continuous non-tilled and conventionally tilled corn. *Soil & Tillage Research* 3, 135-146.
- Blevins, R.L. (1984): Soil adaptability for no-tillage. Van Nostrand Reinhold Company, "No-Tillage Agriculture, Principles and Practices", New York, pp. 42-85. In: KANÉ (2000).
- Blevins, R.L., Smith, M.S. & Thomas, G.W. (1984): Changes in soil properties under noillage. Van Nostrand Reinhold Company, "No-Tillage Agriculture, Principles and Prac-tices", New York, PP. 190-225.
- Blondel, R., D.Heddadj (2004): Epannage d'engrais de ferme et techniques sans labour. *Techniques culturales sans labour - Impacts économiques et environnementaux, Colloque MEDD - CORPEN*, 17-23.
- Böck, G. (1997): Strukturuntersuchungen am Bodenbearbeitungs-Systemversuch Triesdorf. Diplomarbeit, Fachgebiet Pflanzliche Erzeugung, Fachbereich Landwirtschaft und Umweltsicherung, Fachhochschule Weihenstephan/Triesdorf.
- Bockstaller, C. & Hanson, G. (1999): Umsetzung der Integrierten Produktion in Ackerbaubetrieben der Rheinebene. Abschlussbericht zum ITADA-Projekt A4, 1996-1998.
- Böhm, H. & Ahrens, E. (1989): Die Nitratreduktase-Aktivität in Abhängigkeit von langjährig differenzierter Bodenbearbeitung. *VDLUF A Schriftenreihe* 30: 497-502. In: KANÉ (2000).
- Bohren, C., Ammon, H.-U., Dubios, D. & Streit, B. (2002): Erträge von Silomais nach verschiedenen Anbauverfahren. *AGRAR Forschung* 9(9): S. 386-391 (2002).
- Boiffin, J., Monnier, G. (1994): Suppression du labour et érosion hydrique dans le contexte agricole français: bilan et possibilité d'application des références disponibles. *INRA Editions* 65, 85-104.
- Borchert H. & Graf R. (1988): Zum Vergleich von Penetrometermessungen, durchgeführt bei unterschiedlichem Wassergehalt. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde* 151, 69-71.
- Bordes, J.-P., Rouquette, A., Blondlot, A. (2001): Techniques sans labour: conséquences sur le comportement des herbicides racinaires. *Perspectives agricoles* 271, 68-74.
- Borresen, T., Njos, A. (1993): Ploughing and rotary cultivation for cereal production in a long-term experiment on a clay soil in southeastern Norway. I. Soil properties. *Soil & Tillage Research* 28, 97-108.
- Bouché, M.B. (1982): Un exemple d'activité animale: le rôle des lombriciens. *Zit. In: Bieri, M. und Cuendet, G. (1989): Die Regenwürmer, eine wichtige Komponente von Ökosystemen. Schweiz. Landw. Fo. Recherche agronom. en Suisse* 28 (2), S.81-96.
- Braim, M. A., Chaney, K., Hodgson, D. R. (1992): Effects of simplified cultivation on the growth and yield of spring barley on a sandy loam soil. 2. Soil physical properties and root growth; root: shoot relationships, inflow rates of nitrogen; water use. *Soil & Tillage Research* 22, 173-187.
- Buchner, W. & Köller, K. (1990): Bodenbearbeitung und Bodenfruchtbarkeit. Ulmer Verlag, Stuttgart.
- Burtin, M.L., Nussbaumer, H. & Juncker-Schwing, F. (1998): Optimierung des Zwischenfruchtanbaus. Abschlussbericht zum Projekt ITADA A 1.2., 1996-1998. Colmar, Frankreich, 78 S.
- Campbell, C. A., Biederbeck, V. O., Schnitzer, M., Selles, F., Zentner, R. P. (1989): Effect of 6 years of zero tillage and N fertilizer management on changes in soil quality of an Orthic Brown Chernozem in southwestern Saskatchewan. *Soil & Tillage Research* 14, 39-52.

- Caneill, J., Bodet, J. M. (1994): Simplification du travail du sol et rendement des cultures. INRA Editions 65, 63-84.
- Cannell, R. Q., Hawes, J. D. (1994): Trends in tillage practices in relation to sustainable crop production with special reference to temperate climates. *Soil & Tillage Research* 30, 362.
- Carter, M. R., Rennie, D. A. (1987): Effects of tillage on deposition and utilization of 15N residual fertilizer. *Soil & Tillage Research* 9, 33-43.
- Carter, M. R., Steed, G. R. (1992): The effects of direct-drilling and stubble retention on hydraulic properties at the surface of duplex soils in North-Eastern Victoria. *Australian Journal of Soil Research* 30, 505-516.
- Chabert, A. (1996) Active duration of molluscicides, In, *Slug & snail pests in agriculture. Proceedings of a Symposium, University of Kent, Canterbury, UK, 24-26 September 1996.*, pp. 173-180.
- Chalk, P. M., Smith, C. J., Hamilton, S. D. & Hopmans, P. (1993): Characterization of the benefit of a grain legume (*Lupinus angustifolius* L.) to a cereal (*Hordeum vulgare* L.) by an in situ N15 isotope dilution technique. *Biol. Fertil. Soils* 15: 39-44. In: KANÉ (2000).
- Champeil, A., Doré, T. & Fourbet, J.F. (2004): Fusarium head blight: epidemiological origin of the effects of cultural practices on head blight attacks and the production of mycotoxins by Fusarium in wheat grains. *Plant Science* 166. 1398-1415.
- Chan, K. Y. (2001): An overview of some tillage impacts on earthworm population abundance and diversity - implications for functioning in soils. *Soil & Tillage Research* 57, 179-191.
- Chang, C., Lindwall, C. W. (1989): Effect of long-term minimum tillage practices on some physical properties of a Chernozemic clay loam. *Canadian Journal of Soil Science* 69, 443-449.
- Chervet, A., Maurer, C., Sturny, W. G., Muller, M. (2001): Effect of no-tillage on soil structure. *Agrarforschung* 8, 12-17.
- Christian, D. G., Bacon, E. T. G. (1990): A long-term comparison of ploughing, tine cultivation and direct drilling on the growth and yield of winter cereals and oilseed rape on clayey and silty soils. *Soil & Tillage Research* 18, 311-331.
- Coote, D. R., Malcolm-McGovern, C. A. (1989): Effects of conventional and no-till corn grown in rotation on three soils in eastern Ontario, Canada. *Soil & Tillage Research* 14, 67-84.
- Coutts G.R. & Smith R.K. (1991): Zero Tillage Production Manual. The Manitoba-North Dakota Zero Tillage Farmers Association
<http://www.mandakzerotill.org/books/manuals/Production%20Manual/ztindex.html>.
- CTIC (2003): Conservation Tillage and Plant Biotechnology. Information des Amerikanischen Conservation Technology Information Center unter <http://www.ctic.purdue.edu>.
- Culley, J. L. B., Larson, W. E., Randall, G. W. (1987): Physical properties of a Typic Haplaquoll under conventional and no-tillage. *Soil Science Society of America Journal* 51, 1587-1593.
- Cure, J. D., Ruffy, T. W., Jr., Israel, D. W. (1991): Assimilate relations in source and sink leaves during acclimation to a CO₂-enriched atmosphere. *Physiologia Plantarum* 83, 687-695.
- Dao, T. H. (1995): Subsurface mobility of metribuzin as affected by crop residue placement and tillage method. *Journal of Environmental Quality* 24, 1193-1198.
- De Cockborne, A. M., Lafolie, F., Guennellon, R. (1986): Transferts de solutés et structure du sol. *Comptes-rendus du XIII è congrès de l'AISSS, Hambourg* 6, 508-515.
- Debaeke, P., Orlando, D. (1994): Simplification du travail du sol et évolution de la flore adventice. Conséquences pour le désherbage à l'échelle de la rotation. INRA Editions 65, 35-62.
- Deibert, E. J., Utter, R. A., Schwert, D. P. (1991): Tillage system influence on earthworms (Lumbricidae) in North Dakota. *North Dakota Farm Research* 48, 10-12.
- Delaunois, A., Bruno, J. F., Costes, J. L., Revel, J. C. (2004): Le non-labour lutte contre l'érosion. *Perspectives Agricoles* 301, 60-63.
- Derpsch, R. & Florentín, M. (2000): Direktsaat: Nachhaltige Landwirtschaft durch Verzicht auf Bodenbearbeitung. *Entwicklung und Ländlicher Raum*, Heft 4.

- Derpsch, R. (1998): Historical review of no-tillage cultivation of crops. Proceedings, First JIRCAS Seminar on soybean research, March 5 - 6, 1998, Foz do Iguacu, Brazil, JIRCAS Working Report N 13, p 1 - 18.
- Derpsch, R. (1999): Direktsaatfläche in Südamerika wächst. Fruchtfolge und Zwischenfrüchte entscheiden über den Erfolg. Landwirtschaft ohne Pflug, Verlag Emminger & Partner, Berlin, 4/99, p 13 - 15.
- Derpsch, R. (1999): Frontiers of conservation tillage and advances in conservation Practice.
- Derpsch, R. (1999): Tillage Research. ISTRO-INFO EXTRA, Vol. 4, 1999.
- Derpsch, R. (2001): Conservation Tillage, No-tillage and related technologies. In: Conservation Agriculture, a Worldwide Challenge. First World Congress on Conservation Agriculture, Madrid, 1-5 October, 2001, Volume 1: Keynote Contributions, p 161-170.
- Dick, W. A. (1983): Organic carbon, nitrogen, and phosphorus concentrations and pH in soil profiles as affected by tillage intensity. Soil Science Society of America Journal 47, 102-107.
- Dick, W. A., Daniel, T. C. (1987): Soil chemical and biological properties as affected by conservation tillage: environmental implications, In, Effects of conservation tillage on groundwater quality - nitrates and pesticides, pp. 125-147.
- Dick, W. A., Doren, D. M. v., Jr. (1985): Continuous tillage and rotation combinations effects on corn, soybean, and oat yields. Agronomy Journal 77, 459-465.
- Diez, T., Kreitmayr, J., Weigelt, H. (1988): Influence of long-term cultivation without ploughing (HORSCH system) on plant growth, profitability and soil. Bayerisches Landwirtschaftliches Jahrbuch 65, 789-812.
- Dobers, E.S. (2003): Leitfaden für die Umstellung auf Systeme der nicht wendenden Bodenbearbeitung. Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz, und Raumordnung des Landes Brandenburg (MLUR) (Hrsg), 58 S.
- Dölger, D. & Alsen, K. (2001): Im Ertrag kein Unterschied DLG-Mitteilungen 12/2001, S. 42.
- Dölger, D. & Tönnsen, K. (2001): Norddeutsche Perspektive DLG-Mitteilungen 1/2001, S. 61-63.
- Dölger, D. & Tönnsen, K. (2003): Große Strohmenngen. In: Pallut, B. (2003): Mulchsaat – Grenzen des Systems. DLG-Mitteilungen 1/2003. Erweiterte Textfassung unter www.dlg-Mitteilungen.de.
- Dölger, D. & Tönnsen, K. (2003): Weizen nach Raps. In: Pallut, B. (2003): Mulchsaat – Grenzen des Systems. DLG-Mitteilungen 1/2003. Erweiterte Textfassung unter www.dlg-Mitteilungen.de.
- Dölger, D. (2005): Angepasste Bodenbearbeitung - neue Herausforderungen für die Betriebsleiter. Vortrag DLG-Wintertagung am 11.-13. Januar 2005, Münster/Westfalen.
- Doran, J. W. (1980): Microbial changes associated with residue management with reduced tillage. Soil Science Society of America Journal 44, 518-524.
- Doube, B. M., Stephens, P. M., Davoren, C. W., Ryder, M. H. (1994): Earthworms and the introduction and management of beneficial soil microorganisms, In, Soil biota: management in sustainable farming systems., pp. 32-41.
- Dowdell, R. J., Cannell, R. Q. (1975): Effect of ploughing and direct drilling on soil nitrate content. Journal of Soil Science 26, 53-61.
- Dowdell, R. J., Colbourn, P., Cannell, R. Q. (1987): A study of mole drainage with simplified cultivation for autumn-sown crops on a clay soil. 5. Losses of nitrate-N in surface run-off and drain water. Soil & Tillage Research 9, 317-331.
- Drew, M. C., Saker, L. R. (1978): Effects of direct drilling and ploughing on root distribution in spring barley, and on the concentrations of extractable phosphate and potassium in the upper horizons of a clay soil. Journal of the Science of Food and Agriculture 29 (201-206).
- Düring, R.-A. & Gäth, S. (2002): Tillage effects on the accumulation of polychlorinated biphenyls in biosolid-amended soils. J. Plant Nutr. Soil Sci. 165 (2002), pp. 299-304.
- Düring, R.-A., Hoss, T. & Hummel, H.E. (2001): Depth distribution and bioavailability of pollutants in long-term differently tilled soils. Soil & Tillage Research 66 (2002), pp. 183-195.

- Düring, R.-A., Hoss, T. & Hummel, H.E. (2003): Sorptin and bioavailability of heavy metals in long-term differently tilled soils amended with organic wastes Accepted by Science of total environment 28.04.2003
- Dürr, H.-J., Petelklu, H. & Sommer, C. (1995): Literaturstudie "Bodenverdichtung". UBA-Texte 55/95; 203 S..
- Eck, H. V., Jones, O. R. (1992): Soil nitrogen status as affected by tillage, crops, and crop sequences. *Agronomy Journal* 84, 660-668.
- Edwards, C. A., Grove, T. L., Harwood, R. R., Colfer, C. J. P. (1993): The role of agroecology and integrated farming systems in agricultural sustainability. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 46, 99-121.
- Edwards, C. A., Lofty, J. R. (1982): The effect of direct drilling and minimal cultivation on earthworm populations. *Journal of Applied Ecology* 19, 723-734.
- Edwards, C.A. & Lofty, J.R. (1977): The influence of vertebrates on root growth of crops with minimal or zero cultivation. In: Bieri, M. und Cuendet, G. (1989): Die Regenwürmer, eine wichtige Komponente von Ökosystemen. Schweiz. Landw. Fo. Recherche agronom. en Suisse 28 (2), S.81-96.
- Edwards, C.A. & Lofty, J.R. (1989): Effects of cultivation on earthworm populations. In: Bieri, M. und Cuendet, G. (1989): Die Regenwürmer, eine wichtige Komponente von Ökosystemen. Schweiz. Landw. Fo. Recherche agronom. en Suisse 28 (2), S.81-96.
- Edwards, C.A. (1983): Earthworm ecology in cultivated soils. In: SATCHELL, J.E. (1983): Earthworm ecology from Darwin to vermiculture. Chapman and Hall, London, New York, pp. 123-137.
- Ehlers, W. (1975):. Observations on earthworm channels and infiltration on tilled and untilled loess soil. *Soil Science* 119, 242-249.
- Ehlers, W. (1992): Reduzierte Bodenbearbeitung - Ökologische Folgen und ackerbauliche Grenzen. VDLUFA-Schriftenreihe 35: 35-58.
- Ehlers, W., Kopke, U., Hesse, F., Bohm, W. (1983): Penetration resistance and root growth of oats in tilled and untilled loess soil. *Soil & Tillage Research* 3, 261-275.
- Ehrmann, O. (1998): Untersuchungen zum Bodenleben. Abschlußbericht „Ökologische Auswirkungen von verschiedenen Bodenbearbeitungsverfahren“ Universität Hohenheim, Ordnungsnummer 23-95.10.
- El Titi, A. (1988): Nützlicherschonende Bodenbearbeitung und ihre Folgewirkung auf einige Schadorganismen der Zuckerrüben im integrierten Pflanzenschutz. In: Schonung und Förderung von Nützlingen, Schriftenreihe des Bundesministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Heft 365, 284-299, 1988.
- Elliott, J. A., Efetha, A. A. (1999): Influence of tillage and cropping system on soil organic matter, structure and infiltration in a rolling landscape. *Canadian Journal of Soil Science* 79, 457-463.
- Ellis, F. B., Howse, K. R. (1980): Effects of cultivation on the distribution of nutrients in the soil and the uptake of nitrogen and phosphorus by spring barley and winter wheat on three soil types. *Soil & Tillage Research* 1, 35-46.
- Emmerling, C. (2002): Einfluss reduzierter Grundbodenbearbeitung im Ökologischen Landbau auf bodenökologische Eigenschaften. Bodenbearbeitung und Bodengesundheit. Schriftenreihe Landesanstalt für Pflanzenbau und Pflanzenschutz, Heft Nr. 13, S.. 25-46, Mainz
- Emmerling, C. & Hampl, U. (2002): Wie sich reduzierte Bodenbearbeitung auswirkt. *Ökologie & Landbau* 124, 4/2002, S.19-23.
- Emmerling, C., Seitz, L. u. Schröder, D. (1997): Einfluss reduzierter Bodenbearbeitung im Ökologischen Landbau auf Nährstoffhaushalt und mikrobiologische Eigenschaften von Böden sowie Besiedlung durch Regenwürmer. Beiträge zur 4. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Bonn, SS. 49-55, Verlag Dr. Köster, Berlin
- Erichsen, E. (2002): Auswirkungen von Pflugverzicht, Frühsaat und Selbstfolge auf den Weizenbau. *GetreideMagazin* 3/2002, S. 132-138.
- Eysel, G.; Hampl, U.; Karrasch, H. (2001): Vegetationsökologische Effekte wendender und nicht wendender Bodenbearbeitung im Projekt Ökologische Bodenbewirtschaftung (PÖB) Aspekte,

- SS. 217-220 In: Beiträge zur 6. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Freising-Weihenstephan, Verlag Dr. Köster, Berlin
- Fawcett, R. S. (1995): Agricultural tillage system: impacts on nutrient and pesticides run-off and leaching. Farming for a better environment - Soil and Environment Conservation Society, 67.
- Feige, H., Lütke Entrup, & Eckert, H. (2001): Nachhaltige Landwirtschaft – Definition, Beispiele und Indikatoren. Tagungsband "Bodenbewirtschaftung im Umbruch – ökonomisch effizient, pflanzenbaulich / technisch innovativ und der Nachhaltigkeit verpflichtet" am 8/9.5.2001 in Soest.
- Fermanich, K. J., Bland, W. L., Lowery, B., McSweeney, K. (1996): Irrigation and tillage effects on atrazine and metabolite leaching from a sandy soil. *Journal of Environmental Quality* 25, 1291-1299.
- Fiedler, H.J. (1990): Bodennutzung und Bodenschutz. Birkhäuser Verlag, Basel-Boston-Berlin. In: KANÉ (2000).
- Fiès, J.-C. (1982): Etude des écoulements en milieu saturé en relations avec l'espace poral du sol. Note interne, INRA station de science du sol d'Avignon.
- Fleige, H., Baeumer, K. (1974): Effect of zero-tillage on organic carbon and total nitrogen content, and their distribution in different N-fractions in loessial soils. *Agro-Ecosystems* 1 (19-29).
- Follett, R. F., Peterson, G. A. (1988): Surface soil nutrient distribution as affected by wheat-fallow tillage systems. *Soil Science Society of America Journal* 52, 141-147.
- Follett, R. F., Schimel, D. S. (1989): Effect of tillage practices on microbial biomass dynamics. *Soil Science Society of America Journal* 53, 1091-1096.
- Fox, R. H., Bandel, V. A. (1986): Nitrogen utilisation with no-tillage. No-tillage and surface tillage agriculture, Spragne and Triplett Editions, 117-148.
- Foy, N. (2003): Effet des systèmes de culture sur l'évolution de la structure d'un sol limoneux. Mémoire de fin d'études, INRA Unité d'agronomie Laon - Reims - Mons, 62.
- Frahm, J. (2001): Verhindern Ungräser, Unkräuter und Krankheiten die Anwendung pflugloser Pflanzenbausysteme? Tagungsband "Bodenbewirtschaftung im Umbruch - ökonomisch effizient, pflanzenbaulich/technisch innovativ und der Nachhaltigkeit verpflichtet. Soest 8./9.Mai 2001.
- Francis, G. S., Knight, T. L. (1993): Long-term effects of conventional and no-tillage on selected soil properties and crop yields in Canterbury, New Zealand. *Soil & Tillage Research* 26 (193-210).
- Frankinet, M., Rixhon, L., Crohain, A., Grevy, L. (1979): Ploughing, shallow ploughing and direct drilling - phytotechnical results of continued use of each method. *Bulletin des Recherches Agronomiques de Gembloux* 14, 35-95.
- Frede, H.-G. & Dabbert, S. (Hrsg.) (1999): Handbuch zum Gewässerschutz in der Landwirtschaft. 2. Aufl., 452 S. ecomed, Landsberg.
- Frede, H.-G., Beisecker, R. & Gäth, S. (1994): Long-term impacts of tillage on the soil ecosystem. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde* 157: 197-203.
- Fricke, K. (2003): Schnecken. In: Pallut, B. (2003): Mulchsaat – Grenzen des Systems. DLG-Mitteilungen 1/2003. Erweiterte Textfassung unter www.dlg-Mitteilungen.de.
- Friedel, J. K. (2000): The effect of farming system on labile fractions of organic matter in Calcari-Epileptic Regosols. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 163, pp. 41-45.
- Garbe, V. (2001): Strategien zur Bekämpfung von Krankheitserregern in Pflanzenbausystemen mit konservierender Bodenbearbeitung/Direktsaat. Tagungsband "Bodenbewirtschaftung im Umbruch - ökonomisch effizient, pflanzenbaulich / technisch innovativ und der Nachhaltigkeit verpflichtet" am 8/9.5.2001 in Soest.
- Gaston, L. A., Locke, M. A. (1996): Bentazon mobility through intact, unsaturated columns of conventional- and no-till Dundee soil. *Journal of Environmental Quality* 25, 1350-1356.
- Gatel, F., Ruch, O., Hebrard, J.-P. (2004): Mycotoxines ; avancée des connaissances et réglementation en vue. *Perspectives Agricoles* 300, 23-35.
- Gerard, B. M., Hay, R. K. M. (1979): The effect on earthworms of ploughing, tined cultivation, direct drilling and nitrogen in a barley monoculture system. *Journal of Agricultural Science, UK* 93, 147-155.

- Germon, J. C., Taureau, J. C., Thomas, J. M. (1994): Effets des méthodes simplifiées de travail du sol sur les transformations de l'azote et leurs conséquences sur le lessivage des nitrates. INRA Editions 65, 125-156.
- Gers, G. (1982): Effect of simplified cultivation on the soil microfauna in winter. Preliminary results. *Revue d'Ecologie et de Biologie du Sol* 19, 593-604.
- Gilley, J. E. (1995): Tillage effects on infiltration, surface storage and overland flow. *Farming for a better environment - Soil and Environment Conservation Society*, 67.
- Gilliam, J. W., Hoyt, G. D. (1987): Effect of conservation tillage on fate and transport of nitrogen, In: *Effects of conservation tillage on groundwater quality - nitrates and pesticides*, pp. 217-240.
- Glenn, S., Angle, J. S. (1987): Atrazine and simazine in runoff from conventional and no-till corn watersheds. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 18, 273-280.
- Goss, M. J. (1990): The effects of soil and crops management on the leaching of nitrates. *Calvet Editions, Nitrates, Agriculture, Eau*, 389-394.
- Govers, G., Lobb, D. A., Quine, T. A. (1999): Tillage erosion and translocation: emergence of a new paradigm in soil erosion research. *Soil and Tillage Research* 51, 167-174.
- Graff, O (1983): *Unsere Regenwürmer. Lexikon für Freunde der Bodenbiologie*, Verlag M.H. Schaper, Hannover, 112 S..
- Granatstein, D. M., Bezdicek, D. F., Cochran, V. L., Elliot, L. F. & Hammel, J. (1987): Long-term-tillage and rotation effects on soil microbial biomass, carbon and nitrogen. *Biol. Fertil. Soils* 5: 265-270. In: KANÉ (2000).
- Granveaux, E., 2004. Cibler les perspectives de réussite des TCSL dans le Rhin Supérieur par le diagnostic dynamique du fonctionnement d'exploitations en non-labour et l'analyse de leurs itinéraires techniques. Mémoire d'ingénieur ENESAD
- Griffith, D. R., Kladvik, E. J., Mannering, J. V., West, T. D., Parsons, S. D. (1988): Long-term tillage and rotation effects on corn growth and yield on high and low organic matter, poorly drained soils. *Agronomy Journal* 80, 599-605.
- Grocholl, J., Ahrens, E. (1990): The effect of long-term differentiated soil management on the microbial activities of a silt loam and a loamy sand. *Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten, Reihe Kongressberichte*, 491-496.
- Groffman, P. M. (1985): Nitrification and denitrification in conventional and no-tillage soils. *Soil Science Society of America Journal* 49, 329-334.
- Groffman, P. M., Box, J. E., Jr., Todd, R. L. (1984): Effects of artificial drainage on soil mineral nitrogen dynamics in winter wheat on the Southern Piedmont. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 15, 1051-1063.
- Groffman, P. M., Hendrix, P. F. & Crossley Jr, D. A. (1987): Nitrogen dynamics in conventional and no-tillage agroecosystems with inorganic fertilizer or legume nitrogen inputs. *Plant and Soil* 97: 315-332. In: KANÉ (2000).
- Groß, U. (1996): Einfluss unterschiedlicher Bearbeitungssysteme auf Verschlämmung und Aggregatstabilität verschiedener Böden. *Dissertation Universität Giessen, Wiss. Fachverlag Fleck, Langgöns. Zit. in Grube (2002)*.
- Grube, J. (2002): Beurteilung von konservierenden Bodenbearbeitungssystemen zur Bewirtschaftung peripherer Ackerbaustandorte - unter Berücksichtigung verfahrenstechnischer, ökonomischer, ökologischer sowie pflanzenbaulicher und bodenphysikalischer Parameter. *Dissertation, Institut für Landtechnik der Universität Giessen, Cuvillier Verlag Göttingen*, 160 S..
- Guérif, J. (1994): Influence de la simplification du sol sur l'état structural des horizons de surface. Conséquences sur les propriétés physiques et leurs comportements mécaniques. *INRA Ed* 65, 13-34.
- Gundra, H., Jäger, S., Schoeder, M. & Dickau, R. (1995): *Bodenerosionsatlas Baden-Württemberg. Agrarforschung in Baden-Württemberg* 24, 76 S., Stuttgart.
- H. Feige, H., Lütke Entrup, N. & Eckert, H. (2001): Nachhaltige Landwirtschaft - Definitionen, Beispiele, und Indikatoren. *Tagungsband "Bodenbewirtschaftung im Umbruch - ökonomisch effizient, pflanzenbaulich/technisch innovativ und der Nachhaltigkeit verpflichtet. Soest 8./9.Mai 2001*.

- Haber, W. & Salzwedel, J. (1992): Umweltprobleme der Landwirtschaft - Sachbuch Ökologie. 176 S. Metzlersche Verlagsbuchhandlung/Poerschel, Stuttgart.
- Hagedorn, G. (2003): Mulchsaat auf schwerem Tonboden - Regenwürmer lockern zähen Tonboden. Landwirtschaft ohne Pflug 1/2003, S. 5/6.
- Hall, J. K., Mumma, R. O., Watts, D. W. (1991): Leaching and runoff losses of herbicides in a tilled and untilled field. Agriculture, Ecosystems & Environment 37, 303-314.
- HAMPL, U. (1996): Soil tillage systems in Eco-Farming. Organic Agriculture, 11th IFOAM scientific conference in Copenhagen August 1996, S. 65, Abstracts
- HAMPL, U. (1995): Demonstration ökologischer Bodenbewirtschaftungsverfahren zur Erhaltung und Förderung der Bodengesundheit. Beiträge zur 3. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Kiel, SS. 285-288, Wissenschaftlicher Fachverlag, Gießen
- HAMPL, U. (2000): Halbzeitergebnisse im Projekt Ökologische Bodenbewirtschaftung. Ökologie & Landbau 115, 3/2000, S. 36/37.
- HAMPL, U. (2001): Projekt Ökologische Bodenbewirtschaftung. Überblick über die bisherigen Ergebnisse. SS. 215-216 I: Beiträge zur 6. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Freising-Weihenstephan, Verlag Dr. Köster, Berlin
- HAMPL, U. (2002): Konzeption des Projekts Ökologische Bodenbewirtschaftung, SS. 6-12 in: Bodenbearbeitung und Bodengesundheit. Schriftenreihe Landesanstalt für Pflanzenbau und Pflanzenschutz, Heft Nr. 13, Mainz
- HANCE, T. (2002). Impact of cultivation and crop husbandry practices. The Agroecology of carabid beetles, Holland Editions, 231-250.
- HARRACH, T. & WEGENER, H.-R. (1995): Bodenökologie. In: Steubing, L. (Hrsg), Buchwald, K. und Braun, E. (1995): Natur und Umweltschutz. Verlag G. Fischer, Jena, Stuttgart.
- HARTGE, K.H. (1991): Forschungsbedarf im Zusammenhang mit der Meß- und Voraussagbarkeit von Elementen und Prozessen der Bodenfruchtbarkeit. Bodenphysikalische Prozesse. Band 1: Bodenfruchtbarkeit, 134-143. In: KANÉ (2000).
- HAUKKA, J. (1988): Effect of various cultivation methods on earthworm biomasses and communities on different soil types. Annales Agriculturae Fenniae 27, 263-269.
- HAVLIN, J. L., KISSEL, D. E., MADDEX, L. D., CLAASSEN, M. M. & LONG, J.H. (1990): Crop rotation and tillage effects on soil organic carbon and nitrogen. Soil Sci. Soc. J. 54: 448-452. In: KANÉ (2000).
- HAYNES, R. J., KNIGHT, T. L. (1989): Comparison of soil chemical properties, enzyme activities, levels of biomass N and aggregate stability in the soil profile under conventional and no-tillage in Canterbury, New Zealand. Soil & Tillage Research 14 (197-208).
- HEARD, J. R., KLADIVKO, E. J., MANNERING, J. V. (1988): Soil macroporosity, hydraulic conductivity and air permeability of silty soils under long-term conservation tillage in Indiana. Soil & Tillage Research 11, 1-18.
- HEDDADJ, D., COTTAIS, A. (2001): Etude des réductions possibles du ruissellement et des transferts possibles de pesticides grâce aux techniques culturales simplifiées dans le Morbihan. Travaux et Innovations 77, 38-40.
- HEENAN, D.P., CHAN, K.Y. & KNIGHT, P.G. (2004): Long-term impact of rotation, tillage and stubble management on the loss of soil organic carbon and nitrogen from a Chromic Luvisol. Soil and Tillage Research Vol. 76(1): 59-68.
- HENDRIX, P. F., HAN, C. R., GROFFMAN, P. M. (1988): Soil respiration in conventional and no-tillage agroecosystems under different winter cover crop rotations. Soil & Tillage Research 12, 135-148.
- HENUY, B., GASPAR, C., FRANKINET, M. (1983): Evolution of lumbricid populations in relation to soil cultivation, In, New trends in soil biology, pp. 629-632.
- HEß, J. (1989): Klee grasumbruch im Organischen Landbau: Stickstoffdynamik im Fruchtfolgeglied Klee gras-Klee gras-Weizen-Roggen. Dissertation Uni Bonn.
- HILTBRUNNER, J., BLOCH, L., RICHNER, W. & STREIT, B. (2002): Entwicklung von Unkrautpopulationen bei Direktsaat von Winterweizen in Lebendmulche. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Sonderheft XVIII, 581-587 (2002).

- Hiltbrunner, J., Liedgens, M., Stamp, P. & Streit, B. (2005): Effects of row spacing and liquid manure on directly drilled winter wheat in organic farming. *European Journal of Agronomy*, Vol. 22(4): 441-447.
- Holland, J. M., Frampton, G. K., Cilgi, T., Wratten, S. D. (1994). Arable acronyms analysed - a review of integrated arable farming systems research in Western Europe. *Annals of Applied Biology* 125, 399-438.
- Holland, J. M., Luff, M. L. (2000): The effects of agricultural practices on Carabidae in temperate agroecosystems. *Integrated Pest Management Reviews* 5, 109-129.
- Holland, J.M. (2004): The environmental consequences of adopting conservation tillage in Europe: reviewing the evidence. *Agriculture, Ecosystems & Environment* Vol. 103(1):1-25.
- Hölmann, H. J. (2001): Rechnen sich erweiterte Fruchtfolgesysteme mit konservierender Bodenbearbeitung/Direktsaat? Tagungsband "Bodenbewirtschaftung im Umbruch - ökonomisch effizient, pflanzenbaulich/technisch innovativ und der Nachhaltigkeit verpflichtet. Soest 8./9.Mai 2001.
- Hölmann, H. J. (2002): Stroh häckseln oder bergen? *GetreideMagazin* 3/2002, S. 166-169.
- Hoogerkamp, M., Rogaar, H. & Eijsackers, H.J.P. (1983): Effect of earthworms on grassland on recently reclaimed polder soils in the Netherlands, pp. 85-105. In: Satchell, J.E. (ed.) *Earthworm ecology from Darwin to vermiculture*. Chapman and Hall, London, New York, 495 pp..
- Horne, D. J., Ross, C. W., Hughes, K. A. (1992): Ten years of a maize/oats rotation under three tillage systems on a silt loam in New Zealand. 1. A comparison of some soil properties. *Soil & Tillage Research* 22, 131-143.
- Hultgreen, G. (2000): Direct Seeding Manual. Direct Seeding Manual, Prairie Agricultural Machinery Institute und Saskatchewan Soil Conservation Association. 20 S..In: Volk (2001).
- Huss, R., Essai de Gimbrett (2003)
- Hütsch, B. (1991): Einfluß differenzierter Bodenbearbeitung auf die Stickstoffdynamik im Boden in Abhängigkeit von Beprobungstermin und Standort, unter besonderer Berücksichtigung von N-Freisetzung, Nitratverlagerung und Denitrifikation. Dissertation, Justus-Liebig-Universität Gießen.
- Isensee, A. R., Nash, R. G., Helling, C. S. (1990): Effect of conventional vs. no-tillage on pesticide leaching to shallow groundwater. *Journal of Environmental Quality* 19, 434-440.
- Jordan, V. W. L., Leake, A. R., Ogilvy, S. (2000): Agronomic and environmental implications of soil management practices in integrated farming systems. *Aspects of Applied Biology*, 61-66.
- Joschko, M. & Rogasik, H. (2003): Regenwürmer - Ökosystemkonstrukteure. *Landwirtschaft ohne Pflug* 3/2003, S. 19-21.
- Joschko, M., Augustin, J., Rogasik, H., Wirth, S. & Brunotte, J. (2001): Aufgaben, Funktionen und Leistungen der Bodenlebewesen bei differenzierter Bodenbearbeitung. Tagungsband "Bodenbewirtschaftung im Umbruch - ökonomisch effizient, pflanzenbaulich / technisch innovativ und der Nachhaltigkeit verpflichtet" am 8/9.5.2001 in Soest.
- Jouy, L., Munier-Jolain, N. (2001): Gestion de l'interculture, désherbage et protection des cultures. Du labour au semis direct: enjeux agronomiques, Conférence-débat INRA ITCF, 18-20.
- Jung, J., Dressel, J. & Henjes, G. (1980): Untersuchungen zur Stickstoffmineralisierung aus Rübenblatt in zwei verschiedenen Böden im Gefäßversuch. *Z. Acker- und Pflanzenbau* 149: 183-190. In: KANÉ (2000).
- Jury, W. A., Focht, D. D., Farmer, W. J. (1987): Evaluation of pesticides groundwater pollution potential from standard indices of soil-chemical adsorption and biodegradation. *Journal of Environmental Quality* 16, 422-428.
- Kahnt, G. (1971): N P K- und C- Veränderungen auf drei Bodentypen nach fünf Jahren pfluglosen Ackerbau. Fachgruppe Pflanzenproduktion, Acker- und Pflanzenbau, Universität Hohenheim. *Landw. Forsch.* 26: 273-280. In: KANÉ (2000).
- Kainz, M. (1989): Runoff, erosion and sugar beet yields in conventional and mulched cultivation. Results of the 1988 experiment. *Soil Technology Series* 1, 103-114.

- Kainz, M., Kimmelman, S. & Reents, H.-J. (2002): Pflug - ja, nein oder weniger? *Ökologie & Landbau* 124, 4/2002, S.16-18.
- Kandeler, E., Bohm, K. (1996): Temporal dynamic of microbial biomass, xylanase activity, N-mineralisation and potential nitrification in different tillage systems. *Appl. Soil Ecology* 4, 181-191.
- Kané, Y. (2000): Vergleichende Untersuchungen zur Stickstoffdüngungsempfehlung bei unterschiedlicher Bodenbearbeitung. Dissertation am Fachbereich Agrarwissenschaften, Ökotoxikologie und Umweltmanagement der Justus-Liebig-Universität Giessen.
- Kansy, F. & Vetter, R. (1999): Stickstoffdynamik auf organisch gedüngten Maisflächen. Abschlussbericht zum Projekt ITADA A 1.1., 1996-1998.
- Kansy, F. (2003): Welche Anbauverfahren (Bodenbearbeitung-Düngung-Fruchtfolge) zu Silomais? Vortrag am Maistag auf der Hochburg Emmendingen, 05.02.2003.
- Kanwar, R. S. (1997): Nonpoint sources of water contamination and their impact on sustainability. IAHS Publishing proceedings of Rabat Symposium S4 243, 187-192.
- Karlen, D. L., Wollenhaupt, N. C., Erbach, D. C., Berry, E. C., Swan, J. B., Eash, N. S., Jordahl, J. L. (1994): Crop residue effects on soil quality following 10-years of no-till corn. *Soil & Tillage Research* 31, 149-167.
- Kerkhof, F. (2001): Kostendegression durch pfluglose Bodenbearbeitung und Fruchtfolgegestaltung. Tagungsband "Bodenbewirtschaftung im Umbruch - ökonomisch effizient, pflanzenbaulich-technisch innovativ und der Nachhaltigkeit verpflichtet" am 8 und 9.5.2001 in Soest.
- Ketcheson, J. W. (1980): Effect of tillage on fertilizer requirements for corn on a silt loam soil. *Agronomy Journal* 72, 540-542.
- Kladivko, E. J., Mackay, A. D., Bradford, J. M. (1986): Earthworms as a factor in the reduction of soil crusting. *Soil Science Society of America Journal* 50 (191-196).
- Kliwer, I., Casaccia, J., Vallejos, J. & Derpsch, R. (2000): Cost and herbicide reduction in the no-tillage system by using green manure cover crops in Paraguay. Proceedings 15th ISTRO Conference, Fort Worth, Texas, USA, July 2 - 7, 2000
- Klik, A., Frauenfeld, B. & Hollaus, K. (2002): Experiences with conservation tillage and no tillage in Austria. Proc. of 25th Annual Southern Conservation Tillage Conference for Sustainable Agriculture. Auburn, AL 24-26 June 2002. Special Report no. 1, S. 62-67.
- Klotz, F. & Haag, U. (2001): Einfluss verschiedener Verfahren der Bodenbearbeitung auf Bestandsentwicklung, Pflanzenschutz, Ertrag, Qualität, Nitratgehalte im Boden sowie auf die Wirtschaftlichkeit im Ackerbau. Informationen für die Pflanzenproduktion Sonderheft 3/2001. Landesanstalt für Pflanzenbau Forchheim.
- Kohl, R. (1989): Einfluß langjähriger differenzierter Bodenbearbeitung auf die Nitratverlagerung im Boden. Symposiumsband "Wechselwirkung von Bodenbearbeitungssystemen auf das Ökosystem Boden". Gießen, S. 135-145. In: KANÉ (2000).
- Köller, K. (2003c): Technik für die Mais-Mulchsaat. In: Pallut, B. (2003): Mulchsaat – Grenzen des Systems. DLG-Mitteilungen 1/2003. Erweiterte Textfassung unter www.dlg-Mitteilungen.de.
- Köller, K. & Linke, C. (2001): Erfolgreicher Ackerbau ohne Pflug. DLG Verlag.
- Köller, K. (2000): Mulchsaat spart Wasser. *Bauernzeitung Thüringen* 41. Jg., 28/2000, S. 26-27.
- Köller, K. (2001): Mulchsaat ist weltweit nötig. DLG-Mitteilungen 12/2001, S. 44-45.
- Köller, K. (2002): Konservierende Bodenbearbeitung - neue technische Entwicklungen. *GetreideMagazin* 3/2002, S. 170-173.
- Köller, K. (2003a): Mulchsaat von Mais. In: Pallut, B. (2003): Mulchsaat – Grenzen des Systems. DLG-Mitteilungen 1/2003. Erweiterte Textfassung unter www.dlg-Mitteilungen.de.
- Köller, K. (2003b): Flachgrubber für konservierende Bodenbearbeitung. In: Pallut, B. (2003): Mulchsaat – Grenzen des Systems. DLG-Mitteilungen 1/2003. Erweiterte Textfassung unter www.dlg-Mitteilungen.de.
- Krauthausen, H.J., Weinert, J., Bauermann, W. & Wolf, G.A. (2003): Mehrjährige Erhebungen zum Vorkommen von Ährenfusarien und dem Mykotoxin Deoxynivalenol in Getreide aus Rheinland-Pfalz. *Gesunde Pflanzen*, Springer-Verlag Heidelberg, Band 55, Nummer 5, S. 136 - 143.

- Krebs, H. Dubios, D., Külling, C., Forrer, H.-R., Streit, B., Rieger, S. & Richter, W. (2000): Fusarien- und Toxinbelastung des Weizens bei Direktsaat. *Getreide* 6. Jhrg. (3) 2000, S. 198-201.
- Kretschmar, A. (1982): Description des galeries de vers de terre et variation saisonnière des réseaux (observations et conditions naturelles). Zit. in: Bieri, M. und Cuendet, G. (1989): Die Regenwürmer, eine wichtige Komponente von Ökosystemen. *Schweiz. Landw. Fo. Recherche agronom. en Suisse* 28 (2), 1989 S.81-96
- Kromp, B. (1999): Carabid beetles in sustainable agriculture: a review on pest control efficacy, cultivation impact and enhancement. *Agriculture Ecosystems Environment* 74, 187-228.
- Krück, S., Nitzsche, O. & Schmidt, W. (2001): Verbesserte Regenverdaulichkeit durch Regenwurmkaktivität: Regenwürmer vermindern Erosionsgefahr. *Landwirtschaft ohne Pflug* 1/2001, 18-21.
- KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft) (1993): Ergebnisse von Versuchen zur Bodenbearbeitung und Bestellung. KTBL-Arbeitspapier 190, Landwirtschaftsverlag, Münster, 139 S..
- KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft) (1999): Bodenbearbeitung und Bodenschutz - Schlußfolgerungen für die gute fachliche Praxis KTBL-Arbeitspapier, 130 S..
- KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft) (1999/2000): Datensammlung Betriebsplanung. Landwirtschaftsverlag, Münster. In Kerkhof (2001)
- Kussel, N. (2002): Ein Versuch für die Praxis: Angewandte Forschung und praxisnahe Untersuchungsmethoden im Projekt - Anmerkungen des Versuchsbetreuers. *Bodenbearbeitung und Bodengesundheit. Schriftenreihe Landesanstalt für Pflanzenbau und Pflanzenschutz, Heft Nr. 13, Mainz*
- Kwaad, F. J. P. M. (1994): Cropping systems of fodder maize to reduce erosion of cultivated loess soils. In: *Conserving soil resources: European perspectives. Selected papers from the First International Congress of the European Society for Soil Conservation.*, pp. 354-365.
- La France agricole (2003): Monoculture du maïs. Une rotation bénéfique avec l'orge irriguée. *La France agricole* 21(2):31.
- Labreuche, J. (2001): Bien gérer l'interculture pour compenser l'absence de labour. *Perspectives Agricoles* 271, 68-74.
- Labreuche, J., Bouttet, D. (2003): Semis direct: des sols plus difficiles à réchauffer. *Perspectives Agricoles* 287, 52-54.
- Labreuche, J., Cariolle, M., Quere, L. (2004): Les techniques sans labour s'adaptent à toutes les cultures. *Perspectives Agricoles* 303, 46-53.
- Labreuche, J., Couture, D., Bodet, J.-M. (2003): Essai travail du sol de longue durée de Boigneville. *Perspectives Agricoles* 286, 56-58.
- Lafond, J., Angers, D. A., Laverdiere, M. R. (1992): Compression characteristics of a clay soil as influenced by crops and sampling dates. *Soil & Tillage Research* 22, 233-241.
- Lafrance, P., Banton, O., Gagné, P. (1997): Exportation saisonnière d'herbicides vers les cours d'eau mesurée sur six champs agricoles sous quelques pratiques culturales du maïs (Basses-terres du St-Laurent): *Revue Sciences et Eau* 10, 439-459.
- Lal, R. (1980): Crop residue management in relation to tillage techniques for soil and water conservation. *FAO Soils Bulletin*, 72-78.
- Lal, R., Logan, T. J., Fausey, N. R. (1989): Long-term tillage and wheel traffic effects on a poorly drained Mollic in Northwest Ohio. I. Soil physical properties, root distribution and grain yield of corn and soybean. *Soil Tillage Research* 14, 341-358.
- Lal, R., Logan, T. J., Fausey, N. R. (1990): Long-term tillage effects on a Mollic Ochraqualf in north-west Ohio. III. Soil nutrient profile. *Soil & Tillage Research* 15, 371-382.
- Lamarca, C. (1999): Les fondements d'une agriculture durable. 317.
- Landesanstalt für Pflanzenbau und Pflanzenschutz; Stiftung Ökologie & Landbau (2002): *Bodenbearbeitung und Bodengesundheit. Schriftenreihe Landesanstalt für Pflanzenbau und Pflanzenschutz, Heft Nr. 13, Mainz*

- Langlet, B., Rémy, J. C. (1976): Incidence de la simplification du travail du sol sur la dynamique de l'azote. Simplification du travail du sol en production céréalière ITCF Editions, 189-204.
- Langmaack, M. (1999): Earthworm communities in arable land influenced by tillage, compaction, and soil. *Z. Ökologie u. Naturschutz* 8, 11-21.
- Larink, O., Heisler, C., Söchtig, W., Lübben, B. & Wickenbrock, L. (1995): Einfluß verdichteter Ackerböden auf die Bodenfauna und ihr Beitrag zur Bodenlockerung. *KTBL-Schriften* 362, 142-156, Münster-Hiltrup.
- Lee, K.E. (1985): Earthworms their ecology and relationships with soils and land use. In: Bieri, M. und Cuendet, G. (1989): Die Regenwürmer, eine wichtige Komponente von Ökosystemen. *Schweiz. Landw. Fo. Recherche agronom. en Suisse* 28 (2), S.81-96.
- LeGarrec, L. (2003): Evaluations environnementale et économique des pratiques agricoles en techniques de conservation des sols; analyse sur 3 années de 86 parcelles d'exploitations de l'Indre et Loire et des Côtes d'Armor à l'aide d'indicateurs agri-environnementaux et technico-économiques. *Mémoire de fin d'études ESA Angers*, 101.
- Lenz, R. (1999): Der Einfluss der Bodenbearbeitung auf die biologische Aktivität des Bodens auf bodenlebende Nematoden. *Dissertation, vaö - Verlag Agrarökologie, Bern Hannover*
- Lenz, R. u. Eisenbeis, G. (1996): Die Auswirkungen unterschiedlicher Bodenbewirtschaftung im ökologischen Landbau auf Nematodenfauna und Mikroflora. *Mitteilungen der Bodenkundlichen Gesellschaft, Bd. 81, SS. 125-128, Oldenburg*
- Leonard, R. A., Langdale, G. W., Fleming, W. G. (1979): Herbicide runoff from upland Piedmont watersheds - data and implications for modeling pesticide transport. *Journal of Environmental Quality* 8, 223-229.
- Leullier, C. (1999): Influence de trois modalités de travail du sol sur le transfert par ruissellement de produits phytosanitaires. *Mémoire de DESS, université d'Angers*, 67.
- Levanon, D., Codling, E. E., Meisinger, J. J. & Starr, J. L. (1993): Mobility of agrochemicals through soil from two tillage systems. *J. Environ. Qual.*: 22: 155-161.
- Lienemann, K., Oerke E.-C. & H.-W. Dehn (2003): Infektion und Ausbreitung von *Fusarium* spp. an Weizen in Abhängigkeit der Anbaubedingungen im Rheinland. *Landwirtschaftliche Fakultät der Universität Bonn, Schriftenreihe des Lehr- und Forschungsschwerpunktes USL*, 104, 120 S..
- Lindemann, K. (1999): Reduzierte Bodenbearbeitung mit Mulchsaat zu Sonnenblumen. *UFOP-Schriften* 12, 111-134 Bonn.
- Lindstrom, M. J., Voorhees, W. B., Onstad, C. A. (1984): Tillage system and residue cover effects on infiltration in northwestern corn belt soils. *Journal of Soil and Water Conservation* 39, 64-68.
- Mahboubi, A. A., Lal, R. (1998): Long-term tillage effects on changes in structural properties of two soils in central Ohio. *Soil & Tillage Research* 45, 107-118.
- Mahboubi, A. A., Lal, R., Faussey, N. R. (1993): Twenty-eight years of tillage effects on two soils in Ohio. *Soil Science Society of America Journal* 57, 506-512.
- Maidl, F. X., Muller, R., Dennert, J., Hutterer, W., Fischbeck, G. (1988): Effects of different tillage practices on yield response of cereals as shown in a long term trial. *Berichte der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften* 1, 167-182.
- Maillard, A., Cuendet, G. (1997): Results from an over 20 years old ploughless tillage experiment at Changins. V. Biological soil properties and earthworms. *Revue Suisse d'Agriculture* 29, 225-230.
- Maillard, A., Neyroud, J. A., Vez, A. (1995): Results of a no-tillage experiment over more than 20 years at Changins. III. Physical properties. *Revue Suisse d'Agriculture* 27, 5-10.
- Maillard, A., Vez, A. (1988): Effect of tillage and green manure on winter wheat and grain maize in rotation for 15 years. *Revue Suisse d'Agriculture* 20, 321-326.
- Maillard, A., Vez, A. (1993): Results of an over 20-year-old experiment with ploughless tillage in Changins: I. Crop yield, diseases and pests. *Revue Suisse d'Agriculture* 25, 327-336.
- Maillard, A., Vez, A., Ryser, J. P. (1994): Results of a no-tillage trial for over 20 years at Changins. II. Soil chemical properties. *Revue Suisse d'Agriculture* 26, 133-139.

- Mallett, J. B., Lang, P. M., Arathoon, A. J. (1987): Changes in a Doveton clay loam after 12 years of direct-drill maize production. *South African Journal of Plant and Soil* 4, 188-192.
- Mamarot, J. (2004): Gestion des adventices. Techniques culturales sans labour - Impacts économiques et environnementaux, Colloque MEDD - CORPEN, 59-65.
- Marché, R. (o.J.): Erbsenmulch sorgt im Mais für Unkrautfreiheit.
- Massé, J., Labreuche, J., Cariolle, M., Quere, L. (2004): Techniques sans labour: bilan des expérimentations françaises. Techniques culturales sans labour - Impacts économiques et environnementaux, Colloque MEDD - CORPEN, 24-34.
- Mayor, J. P., Maillard, A. (1995): Results from an over-20-years-old ploughless tillage experiment at Changins. IV. Seed bank and weed control. *Revue Suisse d'Agriculture* 27.
- Mbagwu, J., Lal, R., Scott, T. W. (1983): Physical properties of three soils in southern Nigeria. *Soil Science* 136, 48-55.
- McLaughlin, N.B., MacLeod, J.A., Sanderson, J.B. & Ivany, J.A. (2004): Effect of red clover (*Trifolium pratense* L.) kill with glyphosate on tillage implement draft. *Soil and Tillage Research* Vol. 79(1): 63-70.
- Metz, R. & Garmhausen, A. (2000): Gratischeffekte nutzen – Durch gezielten Fruchtwechsel lassen sich Mehrerträge erzielen. *Neue Landwirtschaft – Sonderheft 2000 – Getreide*. In: Kerkhof (2001)
- Meyer, K., Joergensen, R.G. & Meyer, B. (1996): The effects of reduced tillage on microbial biomass C and P in sandy loess soils. *Applied Soil Ecology* 5 (1996) S. 71-79.
- Mielke, L. N., Doran, J. W., Richards, K. A. (1986): Physical environment near the surface of ploughed and no-tilled soils. *Soil & Tillage Research* 7, 355-366.
- Mielke, L. N., Wilhelm, W. W., Richards, K. A., Fenster, C. R. (1984): Soil physical characteristics of reduced tillage in a wheat-fallow system. *Transactions of the ASAE (American Society of Agricultural Engineers)* 27, 1724-1728.
- Mills, W. C., Leonard, R. A. (1984): Pesticide pollution probabilities. *Transactions of the ASAE (American Society of Agricultural Engineers)* 27, 1704-1710.
- Mohr, R., Dölger, D. & Tönnsen, K. (2001): Termingerechtheit in den Boden DLG-Mitteilungen 12/2001, S. 38-41.
- Morris, E. M. (1981): Models of surface water flow, In, *Tropical agricultural hydrology*, pp. 421-432.
- Mueller, T., Jensen, L. S., Nielsen, N. E. & Magid, J. (1998): Turnover of carbon and nitrogen in a sandy loam soil following incorporation of chopped maize plants, barley straw and blue grass in the field *Soil Biol. Biochem.*, 30, 561 - 571.
- Mulqueen, J., Rodgers, M. & Scally, B. (2004): Phosphorus transfer from soil to surface waters. *Agricultural Water Management* Vol. 68(1): 91-105.
- Münzing, K. (2005): Reduzierung von Fusarium und Mutterkorn bei Anbau, Lagerung und Aufbereitung von Weizen. Vortrag DLG-Wintertagung am 11.-13. Januar 2005, Münster/Westfalen.
- Neubauer, W. (1997): Bodenbearbeitung: Soviel wie nötig - sowenig wie möglich. *Kartoffelbau* Vol 48; Nummer 1/2; 14-21.
- Ney, B. (1987): Fonctionnement hydrique de sols à argile gonflante cultivée. I. Analyse des influences du travail du sol et de l'irrigation sur le fonctionnement hydrique des sols à argile gonflante dans les exploitations de Guadeloupe. *Agronomie* 7, 247-256.
- Niemann, P. (2001): Resistenzprobleme bei Unkräutern und Ungräsern. Ist-Situation und Lösungsansätze bei pfluglosen Pflanzenbausystemen. Tagungsband "Bodenbewirtschaftung im Umbruch - ökonomisch effizient, pflanzenbaulich / technisch innovativ und der Nachhaltigkeit verpflichtet" am 8/9.5.2001 in Soest.
- Nietzsche, O., Schmidt, W. & Gebhard, C. (2002): Fusarium pfluglos bekämpfen. *Landwirtschaft ohne Pflug* 5/2002, S. 22-24.
- Nietzsche, O., Schmidt, W. & Zimmerling, B. (2003): Hochwasserschutz durch Pflugverzicht. *Landwirtschaft ohne Pflug* 1/2003, S. 22-25.

- Nuttall, W. F., Bowren, K. E., Campbell, C. A. (1986): Crop residue management practices, and N and P fertilizer effects on crop response and on some physical and chemical properties of a black chernozem over 25 years in a continuous wheat rotation. *Canadian Journal of Soil Science* 66, 159-171.
- O'Leary, G. J. (1996): The effects of conservation tillage on potential groundwater recharge. *Agricultural Water Management* 31, 65-73.
- Otto, S., Riello, L., Düring, R.-A. & Hummel, H.E. (1997): Herbicide dissipation and dynamics modelling in three different tillage systems. *Chemosphere* Vol 34, No. 1, pp. 163-178.
- Pallutt, B. (1996): Einfluss nichtwendender Bodenbearbeitung auf Verunkrautung und Ertrag von Wintergetreide. *Kartoffelbau* Vol 47; Nummer 10//Sup; 10-13.
- Pallutt, B. (2003): Mulchsaat – Grenzen des Systems. *DLG-Mitteilungen* 1/2003. Erweiterte Textfassung unter www.dlg-Mitteilungen.de.
- Parmelee, R. W., Beare, M. H., Cheng, W., Hendrix, P. F., Rider, S. J., Crossley, D. A., Jr., Coleman, D. C. (1990): Earthworms and enchytraeids in conventional and no-tillage agroecosystems: a biocide approach to assess their role in organic matter breakdown. *Biology and Fertility of Soils* 10, 1-10.
- Peyker, W. & Kolbe, R. (2004): Mais-Engsaat, - Erfahrungen aus der Praxis. *Mais* 32(2/2004): 70-72
- Pfeifl, D. (2000): Sonnenblumen sind gute Zwischenfrüchte. *Landwirtschaft ohne Pflug* 4/2000, S. 10-12.
- Pierce, F. J., Fortin, M. C. A., Staton, M. J. (1992): Immediate and residual effects of zone-tillage in rotation with no-tillage on soil physical properties and corn performance. *Soil & Tillage Research* 24, 149-165.
- Pikul, J. L., Jr., Ramig, R. E., Wilkins, D. E. (1993): Soil properties and crop yield among four tillage systems in a wheat-pea rotation. *Soil & Tillage Research* 26, 151-162.
- Plümer, T. (2002): Untersuchungen zur Wurzelndynamik in einer fünfgliedrigen Ackerfruchtfolge bei wendender und nichtwendender Bodenbearbeitung im ökologischen Landbau - erste Ergebnisse. *Bodenbearbeitung und Bodengesundheit. Schriftenreihe Landesanstalt für Pflanzenbau und Pflanzenschutz, Heft Nr. 13, Mainz*
- Podewils, K. (1996): Bodenphysikalische Untersuchungen in einem ökologischen Bodenbewirtschaftungsversuch unter Grünbrache. Diplomarbeit, Fachgebiet Bodenkunde, Fachbereich Landwirtschaft, Internationale Agrarwirtschaft und Ökologische Umweltsicherung, Gesamthochschule Kassel-Witzenhausen
- Porte-laborde, A., Lacroix, B., Bouttet, D., Costes, J.-L., Labreuche, J. (2002): Le maïs... possible sans labour - Un savoir-faire indispensable. *Perspectives Agricoles* 278, 43-49.
- Potthoff, M (2000): Regenwürmer als Indikatoren für die Beurteilung ackerbaulicher Bewirtschaftungsverfahren. Symposium "Indikatorenfindung für eine nachhaltige Landwirtschaft in den Bereichen Landschaft und Biodiversität" des Arbeitskreises Agrarökologie der GfÖ am 21.-24. Juni 2000 in Freising-Weihenstephan
- Potthoff, M. & Beese, F. (1999): Bodenökologische Auswirkungen von Extensivierungsmaßnahmen im Ackerbau. *Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften* 12: 295-296.
- Potthoff, M. & Beese, F. (1999): Steuerung bodenbiologischer Prozesse im Ackerbau. "Ackerbau in der Kulturlandschaft - Funktionen und Leistungen" Tagung zum Göttinger INTEX-Projekt 23./24. November 1999 in Göttingen
- Potthoff, M., Wolters, V. & Joergensen, R. G. (2001): Short-term effects of earthworm activity and straw amendment on the microbial C and N turnover in a remoistened arable soil after summer drought. *Soil Biology & Biochemistry* 33/4-5: 583-591.
- Preusse, T. (2001): Die Fruchtfolge erweitern *DLG-Mitteilungen* 7/2001, S. 68-69.
- Pronin (2003): Einfluss unterschiedlicher Bodenbearbeitungs- und Bestellverfahren auf die vertikale Differenzierung von Bodenkennwerten auf Lehmigem Sand (Brandenburg) und auf Schwarzerde (Novosibirsk) sowie auf ausgewählte Pflanzenmerkmale. Diss. an der landwirtschaftlich-gärtnerischen Fakultät der HU Berlin.

- Rameau, C., Viron, H. (1992): Conséquence du travail du sol et de l'intensification du désherbage sur l'évolution de la flore adventice dans une rotation colza-blé-orge. 15^e Conférence de Columa, lutte contre les mauvaises herbes, 163-170.
- Rasmussen, K. J. (1999): Impact of ploughless soil tillage on yield and soil quality: a Scandinavian review. *Soil & Tillage Research* 53, 3-14.
- Real, B., Dutertre, A. (2004): Influence du travail du sol sur les transferts de produits phytosanitaires. 147-148.
- Reicosky, D. C., Kemper, W. D., Langdale, G. W., Douglas, C. L., Jr., Rasmussen, P. E. (1995): Soil organic matter changes resulting from tillage and biomass production. *Journal of Soil and Water Conservation* 50, Soil organic matter changes resulting from tillage and biomass production.
- Reinhard, H., Chervet, A., Sturny, W. G. (2001): No-tillage in field crops. I. Effect on yields. *Revue Suisse d'Agriculture* 33, 7-13.
- Revel, J. C., Guiresse, M. (1995). Erosion due to cultivation of calcareous clay soils on the hillsides of west France. I. Effects of former of farming practices. *Soil and tillage Research* 35, 147-155.
- Rhoton, F. E., Bruce, R. R., Buehring, N. W., Elkins, G. B., Langdale, C. W., Tyler, D. D. (1993): Chemical and physical characteristics of four soil types under conventional and no-tillage systems. *Soil & Tillage Research* 28, 51-61.
- Rice, C. W., Smith, M. S. (1982): Denitrification in no-till and plowed soils. *Soil Science Society of America Journal* 46, 1168-1173.
- Richard, G., Estrade, J.-R., Cousin, I., Labreuche, J. (2001): Fonctionnement physique des sols cultivés: labour, non-labour, structure et érosion. Du labour au semis direct: enjeux agronomiques, Conférence-débat INRA ITCF, 8-9.
- Richter, U. (1995): Einfluß langjährig differenzierter Bodenbearbeitungssysteme auf das Bodengefüge und den Stickstoffhaushalt. *Schriftenreihe zur Bodenkunde, Landeskultur und Landschaftsökologie*, Bd. 4, Gießen, 178 S..
- Rieger, S.-B. (2001): Impacts of tillage systems and crop rotation on crop development, yield and nitrogen efficiency. Dissertation ETH Zürich, No. 14124, 138 S.
- Robert, M., Capillon, A., 2004, Historique mondial et enjeux environnementaux des TCSL, Colloque TCSL Impacts économiques et environnementaux, Editeur MEDD, 2-11
- Rodemann, B. (2003): Fusarien: Wie anfällig sind neue Weizensorten? In: Pallut, B. (2003): Mulchsaat – Grenzen des Systems. DLG-Mitteilungen 1/2003. Erweiterte Textfassung unter www.dlg-Mitteilungen.de.
- Roldán, A., F. Caravaca, M. T., Hernández, C., García, C., Sánchez-Brito, M., Velásquez & Tiscareño, M. (2003): No-tillage, crop residue additions, and legume cover cropping effects on soil quality characteristics under maize in Patzcuaro watershed (Mexico) *Soil and Tillage Research* 72(1): 65-73.
- Roth, C.H. & Joschko, M. (1991): A note on the reduction of runoff from crusted soils by earthworm burrows and artificial channels. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* 154, 101-105. Zit. in Joschko (2001)
- Rücknagel, J., Hofmann, B. & Christen, O. (2003): Umfrage zur Bodenbearbeitung un Sachsen-Anhalt und Thüringen: Nur noch 15% pflügen konsequent. *Landwirtschaft ohne Pflug* 1/2003, S. 10-13.
- Rüttimann, M. (2001): Boden-, Herbizid- und Nährstoffverluste durch Abschwemmung bei konservierender Bodenbearbeitung und Mulchsaat von Silomais - Vier Bodenschonende Anbauverfahren im Vergleich. *Basler Beiträge zur Physiogeographie*, Bd. 30, 241 S..
- Sadeghi, A. M., Isensee, A. R. (1997): Alachlor and cyanazine persistent in soil under different tillage and rainfall regimes. *Soil Science* 162, 430-438.
- Sasse, U. (1999): Fusarium nur in feuchten Jahren ein Problem. *Landwirtschaft ohne Pflug* 2/99, S. 19/20.
- Sauer, T. J., Clothier, B. E., Daniel, T. C. (1990): Surface measurements of the hydraulic properties of a tilled and untilled soil. *Soil & Tillage Research* 15, 359-369.
- Saxer M. und Steinhöfel H., (2004): Einblicke in die schweizerische Landwirtschaft. CH-2010 Neuchâtel, Bundesamt für Statistik, 198 S..

- Schachermayr, G., Krebs, H., Streit, B. & Forrer, H.-R. (2002): Weizen nach Mais bringt Probleme. *Landwirtschaft ohne Pflug* 1/2002, S. 18-21.
- Scheid, I. (2000): Verzicht auf den Pflug rechnet sich. *Landwirtschaft ohne Pflug* 2/2000, S. 14-18.
- Schjonning, P. & Rasmussen, K. J. (1989): Long term reduced cultivation I. Soil strength and stability. *Soil and Tillage Research* 15, 79–90.
- Schlüter, K. (2003): Blattkrankheiten und Fusarien - Bei Mulchsaat ein Problem? *GetreideMagazin* 1/2003, S. 44-47.
- Schmidt, D. (2003a): Mulchsaatvorbereitungen nach der Ernte die erste Stoppelbearbeitung. In: Pallut, B. (2003): *Mulchsaat – Grenzen des Systems*. DLG-Mitteilungen 1/2003. Erweiterte Textfassung unter www.dlg-Mitteilungen.de.
- Schmidt, D. (2003b): Mulchsaat vor der Ernte vorbereiten. In: Pallut, B. (2003): *Mulchsaat – Grenzen des Systems*. DLG-Mitteilungen 1/2003. Erweiterte Textfassung unter www.dlg-Mitteilungen.de.
- Schmidt, D. (2003c): Fusarien. In: Pallut, B. (2003): *Mulchsaat – Grenzen des Systems*. DLG-Mitteilungen 1/2003. Erweiterte Textfassung unter www.dlg-Mitteilungen.de.
- Schmidt, W., Nitzsche, O. & Zimmermann, M. (2001): Mais bodenschonend bestellen. Fachinformationen der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft.
- Schmidt, W., Nitzsche, O., Krück, S. & Engelmann, B. (2001): Fruchtfolgesysteme für pfluglose Anbauverfahren entwickeln. Tagungsband "Bodenbewirtschaftung im Umbruch - ökonomisch effizient, pflanzenbaulich/technisch innovativ und der Nachhaltigkeit verpflichtet. Soest 8./9.Mai 2001.
- Schmidt, W., Nitzschke, O. & Gebhard, C. (2001): Wieder zurück zum Pflug? DLG-Mitteilungen 7/2001, S. 62-65.
- Schruff, G., Ulshöfer, W. & Wegener, G. (1982): Faunistische ökologische Untersuchung von Regenwürmern (Lumbricidae) in Rebanlagen. *Die Weinwissenschaft* 37, 11-35.
- Schulze, R. & Grimm, S. (2001): Einfluss verschiedener Verfahren der Bodenbearbeitung. Landwirtschaftsamt Lörrach Informationen für die Pflanzenproduktion Sonderheft 3/2001. Landesanstalt für Pflanzenbau Forchheim
- Schulze, R., Klotz, F. & Haag, U. (1999): Ökologische Auswirkungen von verschiedenen Bodenbearbeitungsverfahren. Infodienst Landwirtschaft Baden-Württemberg. Online unter <http://10.34.54.3/infodienst/agraroek/bodensch/bearbboek.htm>.
- Schulze, R., Schweiger, P. & Klotz, F. (2000): Einarbeitung der Begrünung auf Ackerflächen. Infodienst Baden-Württemberg. <http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/la/lap/pflbau/prodtech /SH299.pdf>
- Schwarz, R. (2000): Bodenbearbeitung minimieren. *UFA-Revue* 06/00, S. 38-39.
- Seifert, V. (1988): Pfluglose Bodenbearbeitung und Kalkung. DLG- Mitteilungen 21, 1094. In: Kané (2000).
- Sievert, M., Garbe, V. & Bartels, G. (1999): Schadorganismen im Winterraps bei pflugloser Bodenbearbeitung. *Gesunde Pflanzen* Vol 51; Nummer 1; 26-34.
- Sisti, C.P.J., dos Santos, H.P., Kohhann, R., Alves, B.J.R., Segundo Urquiaga, S. & Boddey, R.M. (2004): Change in carbon and nitrogen stocks in soil under 13 years of conventional or zero tillage in southern Brazil. *Soil and Tillage Research* Vol.76(1): 39-58.
- Six, J., Feller, C., Denef, K., Ogle, S. M., Sa, J. C. d. M., Albrecht, A. (2002): Soil organic matter, biota and aggregation in temperate and tropical soils - effects of no-tillage. *Agronomie* 22.
- Slack, D. C., Larson, C. L. (1981): Modelling infiltration: the key process in water management, runoff, and erosion, In, *Tropical agricultural hydrology*, pp. 433-450.
- Smettem, K. R. J., Rovira, A. D., Wace, S. A., Wilson, B. R., Simon, A. (1992): Effect of tillage and crop rotation on the surface stability and chemical properties of a red-brown earth (Alfisol) under wheat. *Soil & Tillage Research* 22, 27-40.
- Smika, D. E. (1990): Fallow management practices for wheat production in the Central Great Plains. *Agronomy Journal* 82, 319-323.

- Smith, J. L., Rice, E. L. (1983): Differences in nitrate reductase activity between species of different stages in old field succession. *Oecologia* 57, 43-48.
- Soileau, J. M., Touchton, J. T., Hajek, B. F., Yoo, K. H. (1994): Sediment, nitrogen and phosphorus runoff with conventional- and conservation-tillage cotton in a small watershed. *Journal of Soil and Water Conservation* 49, 82-89.
- Soltner, D. (2000): Les bases de la production végétale. Tome I: le sol et son amélioration. Sciences et techniques agricoles. 472.
- Sommer, C. & Voßhenrich, H. (2000): Bodenbearbeitung. KTBL-Sonderveröffentlichung 032, Managementsystem für den ortsspezifischen Pflanzenbau (pre agro): 129-134.
- Sommer, C. (2001): Gesetzgebung zum Bodenschutz und gute fachliche Praxis. Tagungsband "Bodenbewirtschaftung im Umbruch - ökonomisch effizient, pflanzenbaulich / technisch innovativ und der Nachhaltigkeit verpflichtet" am 8/9.5.2001 in Soest.
- Sommer, K. (2001): "Cultan" im Ackerbau ohne Pflug. *Landwirtschaft ohne Pflug* 6/2001, S. 11-16.
- Spieß, E., Anken, T., Heusser, J., Weisskopf, P., Högger, C. & Oberholzer, H.-R. (2000): Folgewirkungen von Bodenbearbeitungsmaßnahmen *AGRARForschung* 7 (8) 2000:345-359.
- St. Remy, E. A. d., Daynard, T. B. (1982): Effects of tillage methods on earthworm populations in monoculture corn. *Canadian Journal of Soil Science* 62, 699-703.
- Staley, T. E. (1988). Carbon, nitrogen, and gaseous profiles in a humid, temperate region, maize field soil under no-tillage. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 19, 625-642.
- Stanley, T. E., Edwards, W. M., Scott, C. L. & Owens, L. B. (1988): Soil microbial biomass and organic component alterations in a no-tillage chronosequence. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 52: 998-1005. In: KANÉ (2000).
- Stehouwer, R. C., Dick, W. A., Traina, S. J. (1994): Sorption and retention of herbicides in vertically orientated earthworm and artificial burrows. *Journal of Environmental Quality* 23, 286-292.
- Steiner, H., El Titi, A. & Bosch, J. (1885): Integrierter Pflanzenschutz im Ackerbau: Das Lautenbach Projekt, I. Versuchsprogramm. *Z. Pfl.krankh.Pfl.schutz.* 93, 1-18.
- Steinert, K. (2001): Universalmaschinen sind erste Wahl. *Landwirtschaft ohne Pflug* 5/2001, S. 14-17.
- Steinert, K. (2002): Schnecken wirksam bekämpfen. *Landwirtschaft ohne Pflug* 2/2002, S. 11-13.
- Steinert, K. (2003): Mit weniger Aufwand mehr ernten. *Landwirtschaft ohne Pflug* 3/2003, S. 5-10.
- Stemann, G. (2001): Pflanzenbausysteme für konservierende Bodenbearbeitung entwickeln und verfahrenstechnisch gestalten. Tagungsband "Bodenbewirtschaftung im Umbruch - ökonomisch effizient, pflanzenbaulich/technisch innovativ und der Nachhaltigkeit verpflichtet. Soest 8./9.Mai 2001.
- Stemann, G. (2003a): Nährstoffversorgung. In: Pallut, B. (2003): Mulchsaat – Grenzen des Systems. DLG-Mitteilungen 1/2003. Erweiterte Textfassung unter www.dlg-Mitteilungen.de.
- Stemann, G. (2003b): Fruchtfolge. In: Pallut, B. (2003): Mulchsaat – Grenzen des Systems. DLG-Mitteilungen 1/2003. Erweiterte Textfassung unter www.dlg-Mitteilungen.de.
- Stengel, P. (1986): Simplification du travail du sol en rotation céréalière: conséquences physiques. Les rotations céréalières intensives - Dix années d'études concertées INRA, ONIC, ITCF 1973-1983, INRA Paris, 15-44.
- Stöckli, A. (1928): Studien über den Einfluß des Regenwurmes auf die Beschaffenheit des Bodens. Diss. ETH, Nr. 492, 122 pp., zit. in: Bieri, M. und Cuendet, G. (1989): Die Regenwürmer, eine wichtige Komponente von Ökosystemen. *Schweiz. Landw. Fo. Recherche agronom. en Suisse* 28 (2), S.81-96.
- Streit, B. (2000): Direktsaat wird erwachsen. *Landfreund* 35/00, S. 22-23.
- Streit, B. (2002): Erste Erfahrungen und Entwicklungstendenzen mit reduzierter Bodenbearbeitung und Direktsaat im Ökolandbau in der Schweiz. Vortrag am Ackerbautag des Beratungsdienstes Ökolandbau am 5.03.2003.
- Streit, B. (2003): Schnecken - langsam und doch schnell. Vortrag Plantahof-Feldtagung am 14.08.2003.

- Streit, B., Rieger, S., Stamp, P. & Richter, W. (2002): The effect of tillage intensity and time of herbicide application on weed communities and populations in maize in central Europe. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 92 (2002) 211-224.
- Streit, B., Rieger, S., Stamp, P. & Richter, W. (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. *European weed research Society, Weed Research* 2003/43, 20-32.
- Sturny, W. G. (1988): Conservation tillage and new sowing techniques-effects on soil and plants. *Landwirtschaft Schweiz* 1, 141-152.
- Sturny, W. G., Hofer, P., Chevret, A. & Providoli, I. (2001): Direktsaat im Praxisvergleich - Erfahrungen und Beobachtungen. *Agrarforschung* 8 (1), I-IV, 2001. Landwirtschaftliche Lehrmittelzentrale Zollikoven
- Swiss no-till (2003a): Le problème des mycotoxines ne peut être résolu que par une rotation adéquate, communiqué de presse du 16 mai 2003,5p.
- Swiss no-till (2003b): Semis direct et organisation de la rotation. Recommandations de Swiss no-till pour la réduction des mycotoxines dans la céréaliculture d'avenir, communiqué de presse d'août 2003,5p.
- Tebrügge, F. & Abelson, J. (1999): Auswirkung der Pflug-Bodenbearbeitung und Direktsaat auf biogene Durchporung und ungesättigte Infiltrationsleistung des Bodens. *Landtechnik* 1/99, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup.
- Tebrügge, F. & Böhrnsen, A. (1997a): Experience with the application of no-tillage crop production in the west-european countries. *Proceedings of the EC-Workshop - IV - in Boigneville, 12-14. Mai 1997, 192 S., Wissenschaftlicher Verlag Giessen.*
- Tebrügge, F. & Böhrnsen, A. (1997b): Survey with no-tillage crop production in the western european countries, p. 55-153. In: Tebrügge, F. und Böhrnsen, A.: *Experiences of the aplicability of no tillage crop production in western european countries. Proceedings EC-Workshop II, Silsoe, p. 201. Wiss. Fachverlag Dr. Fleck, Langöns.*
- Tebrügge, F. & Böhrnsen, A. (1998): Die Praktiker sind zufrieden. *DLG-Mitteilungen, Heft 12/1998, Frankfurt.*
- Tebrügge, F. & Böhrnsen, A. (2000): Direktsaat: Beurteilung durch Landwirte und Experten in der EU und Nebraska. *Landtechnik* 55/1, 17-19.
- Tebrügge, F. & Dreier, M. (Hrsg.) (1994): Beurteilung von Bodenbearbeitungssystemen hinsichtlich ihrer Arbeitseffekte und deren langfristige Auswirkungen auf den Boden. *Wissenschaftlicher Fachverlag Dr. Fleck, Langöns.*
- Tebrügge, F. & Düring, R.-A. (1999): Reducing tillage intensity - a review of results from long- term study in Germany. *Soil and Tillage*, 53 (1), p.15-28.
- Tebrügge, F. (2000): Bodenbearbeitung: Langfristige Auswirkungen ausgewählter Systeme. *Agrarfinanz* 7, S. 6-7. (C 1.3).
- Tebrügge, F. (2000): Comparison of soil machine interactions by intensiv and no-tillage. *4th International Conference on Soil Dynamics, 26-30.03. 2000 Adelaide/Australia.*
- Tebrügge, F. (2000): Konservierende Bodenbearbeitung aus Sicht des Bodenschutzes und der Ökonomie. *Bauernverband Provinz Limburg/NL.*
- Tebrügge, F. (2000): Long-term no-tillage as a tool to protect the environment. *15th Confernce of International Soil Tillage Research Organization, 2.-7.07. Texas USA (C 1.3).*
- Tebrügge, F. (2000): No-tillage for European countries. *Wageningen University, NL.*
- Tebrügge, F. (2000): Ökonomische und umweltrelevante Aspekte der konservierenden Bodenbearbeitung einschließlich Direktsaat und Berücksichtigung der Agenda 2000 und des Bodenschutzgesetzes. *Landwirtschaftliche Lehranstalten Triesdorf.*
- Tebrügge, F. (2000): Reduceret Jordbearbejdning: Samme udbytte- men storre daekningsbidrag. (Ergebnisse 20-jähriger Versuche zur reduzierten Bodenbearbeitung und Direktsaat). *Agrologisk* 10/2000, S. 18-20.

- Tebrügge, F. (2000): Strategien im pfluglosen Zuckerrübenanbau. 6. Landwirtschaftliche Fachtagung im Nassauer Land, Wiesbaden-Erbenheim
- Tebrügge, F. (2000): Visionen für die Direktsaat. Landwirtschaft ohne Pflug, 5, S. 16-20.
- Tebrügge, F. (2001): Chancen und Risiken der Direktsaat in landwirtschaftlicher und umweltbezogener Perspektive. Tagungsband "Bodenbewirtschaftung im Umbruch - ökonomisch effizient, pflanzenbaulich/technisch innovativ und der Nachhaltigkeit verpflichtet. Soest 8./9.Mai 2001.
- Tebrügge, F. (2001): Environmental Impact of Conservation and No-Tillage in European- Countries. Intern. Congress Conservation Agriculture: A Worldwide Challenge, Madrid, Spain.
- Tebrügge, F. (2001): Proceedings: I. World congress on conservation agriculture Vol. 1: Keynote. In: FAO-ECAF [Hrsg.], S. 303-316. ISBN: 84932237-1-9. (C 1.3).
- Thevenet, G. (2001): Cultiver sans labourer? Du labour au semis direct: enjeux agronomiques, Conférence-débat INRA ITCF, 3-4.
- Triplett, G.B. & van Doren, D.H. (1969): Nitrogen, phosphorus, and potassium fertilization of no-tilled maize. Agron, J, 61:637-639.
- Trochard, R., Lajoux, P. (1994): Les cultures qui acceptent les cultures simplifiées. Perspectives Agricoles 194, 12-15.
- Trocherie, F., Rabaud, V. (2004): Le développement des techniques sans labour (enquête pratiques culturales). Techniques culturales sans labour - Impacts économiques et environnementaux, Colloque MEDD - CORPEN, 12-16.
- Umweltbundesamt [Hrsg.] (2001): Grundsätze und Maßnahmen für eine vorsorgeorientierte Begrenzung von Schadstoffeinträgen in landbaulich genutzten Böden Umweltbundesamt Berlin, 126 S., Texte 59/01.
- Unger, P. W. (1991): Organic matter, nutrient and pH distribution in no- and conventional tillage semiarid soils. Agron. J. 83: 186-189. In: KANÉ (2000).
- Unger, P.W. (1991): Overwinter changes in physical properties of no-tillage soil. Soil Sci. Soc. Am. J. 55:778-782.
- Uppenkamp, N. (2001): Technische Anforderungen und Kostenstrukturen in pfluglosen Pflanzenbausystemen. Tagungsband "Bodenbewirtschaftung im Umbruch - ökonomisch effizient, pflanzenbaulich/technisch innovativ und der Nachhaltigkeit verpflichtet. Soest 8./9.Mai 2001.
- Uppenkamp, N. (2002): Bodenbearbeitung mit oder ohne Pflug? GetreideMagazin 3/2002, S. 163-165.
- Uppenkamp, N. (2003): Universal-Drillmaschine als Einstieg in die Mulchsaat. In: Pallut, B. (2003): Mulchsaat – Grenzen des Systems. DLG-Mitteilungen 1/2003. Erweiterte Textfassung unter www.dlg-Mitteilungen.de.
- Väderstad (2002): Mulchsaat-Management für Boden und Ertrag. Väderstad Ackerbaukonzept, 39 S..
- Vakali, C.; Köpke, U. (2001): Sproß- und Wurzelentwicklung von Getreide bei reduzierter Grundbodenbearbeitung im Ökologischen Landbau Aspekte, SS. 225-228. Beiträge zur 6. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Freising-Weihestephan, Verlag Dr. Köster, Berlin
- van Elsen, T. (2000): Ökologischer Ausgleich als Chance für eine Extensivierung der Landbewirtschaftung. Agrarspectrum 31: Entwicklung nachhaltiger Landnutzungssysteme in Agrarlandschaften: 212-221, Frankfurt.
- Van Rhee, J.A., (1977): A study of the effect of earthworms on orchards productivity. Pedobiologia 17, 107-114.
- Verdier, J. L. (1990): Travail du sol, mauvaises herbes et désherbage. Phytoma 414, 13-22.
- Vez, A. (1977): Ten years of experimentation without tillage. Revue Suisse d'Agriculture 9, 59-70.
- Viaux, P. (2001): Regard sur l'environnement ; les effets positifs sur l'environnement. Travaux et Innovations 77, 27-32.
- Volk, L. (2001): Verfahrenstechnische Entwicklungen zur Optimierung von Pflanzenbausystemen mit konservierender Bodenbearbeitung / Direktsaat. Tagungsband "Bodenbewirtschaftung im Umbruch - Tagungsband "Bodenbewirtschaftung im Umbruch - ökonomisch effizient, pflanzenbaulich / technisch innovativ und der Nachhaltigkeit verpflichtet" am 8/9.5.2001 in Soest.

- Voß, M., Ulber, M. & Hoppe, H.-H. (1997): Schneckenprobleme bei Direktsaat. *Direktsaat* 4/1997, S. 14-15.
- Voßhenrich, H.-H. & Kottenrodt D. (2001): Prototyp für die ortsspezifische Bodenbearbeitung. *Raps* 19: 143-145.
- Voßhenrich, H.-H. & Sievers, B. (2002): Stroh schützt vor Erosion. *Landwirtschaft ohne Pflug*, H.2, S.10-12.
- Voßhenrich, H.-H. (2001): Strohmanagement im pfluglosen Pflanzenbausystem - Grundlage für eine erfolgreiche konservierende Bodenbearbeitung. Tagungsband "Bodenbewirtschaftung im Umbruch - ökonomisch effizient, pflanzenbaulich / technisch innovativ und der Nachhaltigkeit verpflichtet" am 8/9.5.2001 in Soest.
- Voßhenrich, H.-H. (2002): Stroh schützt vor Erosion. *Landwirtschaft ohne Pflug* 2/2002, S. 10-12.
- Voßhenrich, H.-H., Sommer, C., Gattermann, B. & Täger-Farny, W. (2000): Ortsspezifische Bodenbearbeitung. *Landtechnik* 4/2000, S. 319.
- Waldorf, N & Schweiger, P. (2002): Wirkung verschiedener Verfahren der Bodenbearbeitung auf Erträge und Nitratgehalte im Boden. Ergebnisse des Praxisversuches am Seehof bei Haigerloch 1992 – 1998. Informationen für die Pflanzenproduktion Sonderheft 3/2002. Herausgeber: Landesanstalt für Pflanzenbau Forchheim.
- Waldorf, N. & Grimm, S. (2003): Einfluss verschiedener Verfahren der Bodenbearbeitung auf die Bestandesentwicklung, Pflanzenschutz, Ertrag, Qualität und Nitratgehalte im Boden sowie die Wirtschaftlichkeit im Ackerbau. Versuchsbericht 1995-2002: Ökologische Auswirkungen von verschiedenen Bodenbearbeitungsverfahren - Teilbereich Pflanzenbau. Informationen für die Pflanzenproduktion, Sonderheft. Herausgeber: Landesanstalt für Pflanzenbau Forchheim.
- Walters, D & Jasa, P (2000): Conservation tillage in the United States: an overview. Paper presented at the International Symposium on Conservation Tillage. January 24-27, 2000 Mazatlan, Mexico. 10pp.
- Wauchope, R. D. (1978): The pesticide content of surface water draining from agricultural fields - a review. *Journal of Environmental Quality* 7, 459-472.
- Wauchope, R. D. (1987): Tilted-bed simulation of erosion and chemical runoff from agricultural fields: II. Effects of formulation on atrazine runoff. *Journal of Environmental Quality* 16, 212-216.
- Weed, D. A. J., Kanwar, R. S., Stoltenberg, D. E., Pfeiffer, R. L. (1995): Dissipation and distribution of herbicides in the soil profile. *Journal of Environmental Quality* 24, 68-79.
- Weinert, J. & Qinghua, Z. (2002): Halmbruch - Rückkehr eines alten Bekannten DLG-Mitteilungen 3/2002, S. 60-62.
- Weyer, T. & Buchner, W. (2001): Bodenschadverdichtungen- Ausmaß, Ursachen, Wirkungen und Lösungsansätze. Tagungsband "Bodenbewirtschaftung im Umbruch - ökonomisch effizient, pflanzenbaulich / technisch innovativ und der Nachhaltigkeit verpflichtet" am 8/9.5.2001 in Soest.
- Wyss, E., Glasstetter, M. (1992): Tillage treatments and earthworm distribution in a Swiss experimental corn field. *Soil Biology & Biochemistry* 24, 1635-1639.
- Zihlmann, U., Weisskopf, P., Jossi, W. & Anken, T. (2003): Einfluss der Fruchtfolge auf das Gefüge eines Tonbodens. *AGRARForschung* 10(10):400-405.
- Zihlmann, U., Weisskopf, P., Bohren, C. & Dubios, D. (2002): Stickstoffdynamik im Boden beim Maisanbau. *AGRAR Forschung* 9(9):392-397

ANHANG 2: Datenblätter zu den regionalen Versuchen

Versuchsstandort: Biengen (Bad Krozingen)

Projekttitle: Vergleich verschiedener
Bodenbearbeitungsverfahren zu Körnermais

Region : Südbaden

Versuchsjahr 2003/2004

Kontaktadresse:	
Name	F.-J. Kansy
Organisation	IFUL
Adresse	Auf der Breite 7 79379 Müllheim
Tel.	07631/3684-0
e-mail :	

bearbeitender Landwirt	-
Ort	Biengen
Bodentyp	Braunerde-Pararendzina; Ackerzahl 90
Ausgangsgestein	

Wetterdaten	
nächste Wetterstation:	
Niederschlag (mm) mittel (mini-maximum)	790
Temperatur mittel (minimum-maximum)	10,2

Topographische Situation		
Ebene	Hang	
	% Neigung	Ausrichtung

Versuchsdauer	
Jahr der Einrichtung	1998
Bericht/Ergebnisse verfügbar:	NEIN

Parzelle	Typ der Bodenbearbeitung			Kultur/ (ggf. mit Fruchtfolge)	Zwischenfrucht oder Winterbegrünung		
	Bezeichnung	Eingesetzte Geräte	Zeitpunkt		Kultur	Aussaat	Abtötung (chemisch/ mechanisch)
P1	PH	Mulchgerät	18.09.2003	Körnermais (Mono)	keine		
		Pflug	14.11.2003				
		Kultiegge/Saatbettkombi	14.04.2004				
P2	SH	Mulchgerät	18.09.2003	Körnermais (Mono)	keine		
		Scheibenegge	19.11.2003				
		Kultiegge/Saatbettkombi	14.04.2004				
P3	FH	Mulchgerät	18.09.2003	Körnermais (Mono)	keine		
		Flügelschargrubber	19.11.2003				
P4	PF	Mulchgerät	18.09.2003	Körnermais (Mono)	keine		
		Pflug	19.03.2004				
		Egge	24.03.2004				
P5	SF	Mulchgerät	18.09.2003	Körnermais (Mono)	keine		
		Scheibenegge	19.03.2004				
		Kultiegge/Saatbettkombi	14.04.2004				

Zielsetzung/Fragestellung des Versuchs

Entwicklung eines umweltschonenden Maisanbausystems

untersuchte Parameter

Parameter	Methode	Ergebnis
Ertrag	Parzellenbeerntung	ohne signifikante Unterschiede bei Pflug, Scheibenegge oder Flügelschargrubber im Herbst bzw. Frühjahr statistisch nicht gesicherte Tendenzen für Mehrertrag: Pflugfurche im Frühjahr auf leichterem Boden
Stickstoffbilanz	Ganglinien (LUFA)	Nitratgehalte des Bodens zum SchALVO-Termin unterscheiden sich bei den Bodenbearbeitungsverfahren statistisch nicht voneinander statistisch nicht gesicherte Tendenzen für höhere Nmin Werte: Scheibenegge im Herbst auf leichterem Boden Flügelschargrubber im Herbst auf schwererem Boden
Maiszünsler	Bonitur	Zünslerbefall bei pflugloser Bodenbearbeitung höher (ohne Ertragsverluste gegenüber Pflugvarianten)
sonst. Beobachtungen	Bonitur	Größeres Wasserspeichervermögen bei pflugloser Bodenbearbeitung. Zunahme von Wurzelunkräutern bei pflugloser Bodenbearbeitung. Bei pflugloser Bodenbearbeitung leicht verzögerte Entwicklung vom Mais- und Unkrautpflanzen.

Region : Südbaden

Versuchsjahr 2003/2004

Kontaktadresse:	
Name	F.-J. Kansy
Organisation	IFUL
Adresse	Auf der Breite 7 79379 Müllheim
Tel.	07631/3684-0
e-mail :	

Wetterdaten	
nächste Wetterstation:	
Niederschlag (mm) mittel (mini-maximum)	690
Temperatur mittel (minimum-maximum) :	10,2

bearbeitender Landwirt	-
Ort	Hausen
Bodentyp	Brauner Auenboden; Ackerzahl 70
Ausgangsgestein	

Topographische Situation		
Ebene	Hang	
	% Neigung	Ausrichtung

Versuchsdauer	
Jahr der Einrichtung	1998
Bericht/Ergebnisse verfügbar:	NEIN

Parzelle	Typ der Bodenbearbeitung			Kultur/ (ggf. mit Fruchtfolge)	Zwischenfrucht oder Winterbegrünung		
	Bezeichnung	Eingesetzte Geräte	Zeitpunkt		Kultur	Aussaat	Abtötung (chemisch/ mechanisch)
P1	PH	Mulchgerät Pflug Egge Kultiegge/Saatbettkor	18.09.2003 06.12.2003 30.03.2004 18.04.2004	Körnermais (Mono)	keine		
P2	SH	Mulchgerät Scheibenegge Egge Kultiegge/Saatbettkor	18.09.2003 19.11.2003 30.03.2004 18.04.2004	Körnermais (Mono)	keine		
P3	FH	Mulchgerät Flügelschargrubber	18.09.2003 19.11.2003	Körnermais (Mono)	keine		
P4	PF	Mulchgerät Pflug Egge	18.09.2003 19.03.2004 24.03.2004	Körnermais (Mono)	keine		
P5	SF	Mulchgerät Scheibenegge Egge Kultiegge/Saatbettkor	18.09.2003 19.03.2004 30.03.2004 18.04.2004	Körnermais (Mono)	keine		

Zielsetzung/Fragestellung des Versuchs

Entwicklung eines umweltschonenden Maisanbausystems

untersuchte Parameter

Parameter	Methode	Ergebnis
Ertrag	Parzellenbeerntung	ohne signifikante Unterschiede bei Pflug, Scheibenegge oder Flügelschargrubber im Herbst bzw. Frühjahr
Stickstoffbilanz	Ganglinien (LUFA)	Nitratgehalte des Bodens zum SchALVO-Termin unterscheiden sich bei den Bodenbearbeitungsverfahren statistisch nicht voneinander statistisch nicht gesicherte Tendenzen für höhere Nmin Werte: Scheibenegge im Herbst auf leichterem Boden Flügelschargrubber im Herbst auf schwererem Boden
Maiszünsler	Bonitur	Bei pflugloser Frühjahrsbearbeitung tendenziell höherer Zünslerbefall (Scheibenegge und Flügelschargrubber im Frühjahr)
sonst. Beobachtungen	Bonitur	Größeres Wasserspeichervermögen bei pflugloser Bodenbearbeitung. Zunahme von Wurzelunkräutern bei pflugloser Bodenbearbeitung. Bei pflugloser Bodenbearbeitung leicht verzögerte Entwicklung vom Mais- und Unkrautpflanzen.

Versuchsstandort: Hausen (Bad Krozingen)

Projekttitle:

Direktsaat bei Daueranbau von Körnermais
(Sämaschinenvergleich)

Region : südl. Oberrhein

Versuchsjahr:

2003 - 2005 (3. Versuchsjahr)

Kontaktadresse:	
Name	Jürgen Maier
Organisation	IFUL
Adresse	Auf der Breite 7 79379 Müllheim
Tel.	07631/3684-61
e-mail :	

bearbeitender Landwirt	-
Ort	Hausen
Bodentyp	Brauner Auenboden, Ackerzahl 70
Ausgangs- gestein	

Wetterdaten	
nächste Wetterstation:	
Niederschlag (mm) mittel (mini-maximum)	690
Temperatur mittel (minimum-maximum) :	10,2
Höhenlage	235

Topographische Situation		
Ebene	Hang	
	% Neigung	Ausrichtung
x	0	Nord

Versuchsdauer	
Jahr der Einrichtung	2003
Bericht/Ergebnisse verfügbar:	NEIN

Varianten	Typ der Bodenbearbeitung			Kultur/ (ggf. mit Fruchtfolge)	Zwischenfrucht oder Winterbegrünung		
	Bezeichnung	Eingesetzte Sägeräte (2005)	Zeitpunkt		Kultur	Aussaat	Abtötung (chemisch/ mechanisch)
H DS 1	Direktsaat	JOHN DEERE Max Emerge mit CROSS-SLOT	Aussaat	Körnermais	keine		
H DS 2	Direktsaat	SEMEATO SPE 06	Aussaat	Körnermais	keine		
H DS 3	Direktsaat	MONOSEM NX (2005)	Aussaat	Körnermais	keine		
H DS 4	Direktsaat	MONOSEM NG PLUS	Aussaat	Körnermais	keine		
H P 5	Pflug Herbst	MONOSEM NG PLUS	Aussaat	Körnermais	keine		

Zielsetzung/Fragestellung des Versuchs

Gibt es Unterschiede in Ertrag und Qualität zwischen Direkt- und Mulchsämaschinen bei Direktsaat von Körnermais im Daueranbau?
(ab 2005 Saatstärke Direktsaat 10 % höher als Pflug; N-Düngung ab 2003 identisch)

untersuchte Parameter

Varianten	Parameter	Methode	Ergebnis	
			Ertrag dt/ha (Saatstärke identisch!)	
			2003	2004
H DS 1	Ertrag; N-Gehalt Korr Nmin Boden (Aussaat, Ernte)	Drusch	44	101
H DS 2	Ertrag; N-Gehalt Korr Nmin Boden (Aussaat, Ernte)	Drusch	46	97 (Becker DTE)
H DS 3	Ertrag; N-Gehalt Korr Nmin Boden (Aussaat, Ernte)	Drusch	-	-
H DS 4	Ertrag; N-Gehalt Korr Nmin Boden (Aussaat, Ernte)	Drusch	50	99
H P 5	Ertrag; N-Gehalt Korr Nmin Boden (Aussaat, Ernte)	Drusch	49	116

Kontaktadresse:	
Name	Dr. Karl Müller-Sämann
Organisation	Agentur ANNA
Adresse	Klosterrunsstr. 17 79379 Müllheim
Tel.	07631 174460
e-mail :	km@anna-consult.de

bearbeitender Landwirt	-
Ort	Neuenburg
Bodentyp	sL
Ausgangsgestein	Parabraunerde-Braunerde auf Niederterrassenschotter

Wetterdaten	
nächste Wetterstation:	Müllheim
Niederschlag (mm) mittel (mini-maximum)	650
Temperatur mittel (minimum-maximum) :	9,5

Topographische Situation		
Ebene	Hang	
	% Neigung	Ausrichtung
	1%	

Versuchsdauer	
Jahr der Einrichtung	2003
Bericht/Ergebnisse verfügbar:	JA

Parzelle	Typ der Bodenbearbeitung			Kultur/ (ggf. mit Fruchtfolge)	Zwischenfrucht oder Winterbegrünung		
	Bezeichnung	Eingesetzte Geräte	Zeitpunkt		Kultur	Aussaat	Abtötung (chemisch/ mechanisch)
P1	Reduziert	Streifenfrässaat	22.04.2004	Körnermais nach Soja	Weidelgras	14.06.2004	mechanisch
P2	Wendend	Pflug	12.12.2003	Mais Daueranbau			
P3	Reduziert	Grubber	31.12.2003	Soja nach Mais	Sommerhafer	31.08.2004	chemisch

Zielsetzung/Fragestellung des Versuchs

In einem Systemvergleich wurde eine Körnermais/ Körnerleguminosenfruchtfolge mit reduzierter Bodenbearbeitung mit dem konventionell gepflügten Mais Daueranbau - Verfahren verglichen. Beim Systemvergleich mit angepassten Sorten und Begleitmaßnahmen standen die Auswirkungen auf die Nitratgehalte vor Winter, die Erträge und die Wirtschaftlichkeit im Vordergrund. Außerdem wurden mit dem Umweltbewertungsverfahren INDIGO die relativen Vorteile der Systeme für die Indikatoren Stickstoff, Phosphatdüngung, Energieverbrauch, Pflanzenschutz, Fruchtfolge und organische Masse bewertet.

untersuchte Parameter

Parameter	Methode	Ergebnis
potenzielle Nitratbelastung (vor Winter)	Nmin Gehalte vor Winter	Im Jahr 2003, und 2004 konnte in den Verfahren mit Untersaaten vor Winter um 40 kgN/ha und 15-25 kg N/ha Stickstoff durch die Untersaaten aufgenommen werden. Trotz tätigerer Böden war die Nitrathinterlassenschaft vor Winter mit den Untersaat um 10-20 kg/ha niedriger als bei konventionellem Daueranbau von Mais.
Erträge (agronomische Leistungsfähigkeit)	Ertragsermittlung	Während die Körnermaiserträge im Jahr 2003 in den verfahren etwa gleich hoch waren, konten in 2004 mit innovative Maisanbau ca. 20 % Mehrertrag erzielt werden.
Wirtschaftlichkeit	Deckungsbeiträge	Ohne Berücksichtigung von MEKA Zahlungen war die Monomaisfruchtfolge am wirtschaftlichsten. Mit mEKA Ausgleich schnitt aber jeweils das Fruchtfolgeglied Mais-innovativ mit 454 und 654 €/ha gegenüber 3355 und 593 €/ha bei Manomais am günstigsten ab. Die Vorteile gingen bei Betrachtung der Fruchtfolge mit Körnerleguminosen aufgrund ihres schwachen Ddeckungsbeitrags der Körnerleguminose wieder verloren. Innovativer Mais-Daueranbau stellte sich als konkurrenzfähig oder überlegen gegenüber konventionellem Daueranbau dar.
Umweltbewertung	INDIGO Verfahren	Bei der Umweltbewertung ergaben sich für das innovative Verfahren mit Fruchtfolge Vorteile bei den Indikatoren Stickstoff, organische Masse, und Energieverbrauch. Keine verbesserung bei den Indikatoren Phosphateinsatz und Pflanzenschutzmitteleinsatz.

Standort: Steinenstadt (Gde. Neuenburg/Rh.)

Projekttitle: Nachhaltige Maisproduktion - Konzeption und vertiefte Auswertung von Anbausystemen

Region : Südlicher Oberrhein

Versuchsjahr 2003/2004

Kontaktadresse:	
Name	Dr. Karl Müller-Sämann
Organisation	Agentur ANNA
Adresse	Klosterrunsstr. 17 79379 Müllheim
Tel.	07631/ 174460
e-mail :	km@anna-consult.de

Wetterdaten	
nächste Wetterstation:	Müllheim
Niederschlag (mm) mittel (mini-maximum)	650
Temperatur mittel (minimum-maximum)	9,5 °C

bearbeitender Landwirt	-
Ort	Steinenstadt
Bodentyp	uL
Ausgangsgestein	Parabraunerde aus Niederterrassenschottern

Topographische Situation		
Ebene	Hang	
	% Neigung	Ausrichtung
	1 %	

Versuchsdauer	
Jahr der Einrichtung	2003
Bericht/Ergebnisse verfügbar:	JA

Parzelle	Typ der Bodenbearbeitung			Kultur/ (ggf. mit Fruchtfolge)	Zwischenfrucht oder Winterbegrünung		
	Bezeichnung	Eingesetzte Geräte	Zeitpunkt		Kultur	Aussaat	Abtötung (chemisch/ mechanisch)
P1	Reduziert	Streifenfrässaat	22.4.2004	Körnermais nach Soja	Weidelgras	14.06.2004	mechanisch
P2	Wendend	Pflug	12.12.2003	Mais Daueranbau			
P3	Reduziert	Grubber	31.12.2003	Soja nach Mais	Sommerhafer	25.08.2004	chemisch

Zielsetzung/Fragestellung des Versuchs

In einem Systemvergleich wurde eine Körnermais/ Körnerleguminosenfruchtfolge mit reduzierter Bodenbearbeitung mit dem konventionell gepflügten Mais Daueranbau - Verfahren verglichen. Beim Systemvergleich mit angepassten Sorten und Begleitmaßnahmen standen die Auswirkungen auf die Nitratgehalte vor Winter, die Erträge und die Wirtschaftlichkeit im Vordergrund. Außerdem wurden mit dem Umweltbewertungsverfahren INDIGO die relativen Vorteile der Systeme für die Indikatoren Stickstoff, Phosphatdüngung, Energieverbrauch, Pflanzenschutz, Fruchtfolge und organische Masse bewertet.

untersuchte Parameter

Parameter	Methode	Ergebnis
potenzielle Nitratbelastung (vor Winter)	Nmin Gehalte vor Winter	In 2003 konnten nur bei Soja mit Untersaat deutlich niedrigere Nmin Gehalte (ca. 20 kg/ha) als in den annähernd gleich hohen Maisvarianten mit ca. 100 kg N/ha (Trockenheit) ; in 2004 trotz regulärer Erträge keine Vorteile im innovativen Verfahren das mit ca. 15 kg N/ha günstiger lag als die ebenfalls akzeptablen Werte nach Soja mit US (ca. 20 kg N/ha) und nach Mais mit Untersaat (ca. 30 kg N/ha). Vermutlich auf tätigeren Böden in der Fruchtfolge zurückzuführen.
Erträge (agronomische Leistungsfähigkeit)	Ertragsermittlung	leichte Ertragsvorteile zwischen 6-8 dt/ha für innovativen Mais gegenüber Monomais in den Jahren 2003/2004. Sojaerträge unbefriedigend mit 20-30 dt/ha und Ertragseinbußen durch Problemverunkrautung.
Wirtschaftlichkeit	Deckungsbeiträge	Mit MEKA Zahlungen war das innovative Maisanbauverfahren mit reduzierter Bodenbearbeitung und Untersaat dem Monomaisverfahren leicht überlegen, ohne MEKA Ausgleich schnitt der konventioneller Monomais besser ab. Das Fruchtfolglied Körnerleguminosen beeinträchtigte die Konkurrenzfähigkeit der Fruchtfolge. Nur in schwachen Maisjahren konnten mit der Fruchtfolge gleichwertige Deckungsbeiträge erzielt werden. die Arbeitszeiterparnis mit Streifenfrässaat beläuft sich auf ca. 20%.
Umweltbewertung	INDIGO Verfahren	Bei der Umweltbewertung ergaben sich für das innovative Verfahren mit Fruchtfolge Vorteile bei den Indikatoren Stickstoff, organische Masse, und Energieverbrauch. Keine Verbesserung bei den Indikatoren Phosphateinsatz und Pflanzenschutzmitteleinsatz.

Standort: Wintersweiler (Gde. Efr.-Kirchen)

Demonstration der Direktsaat bei Körnermais (Daueranbau)

Region : Südl. Oberrhein

Versuchsjahr:

2003 - 2005 (3. Versuchsjahr)

Kontaktadresse:	
Name	Jürgen Maier
Organisation	IFUL
Adresse	Auf der Breite 7 79379 Müllheim
Tel.	07631/3684-0
e-mail :	

Wetterdaten	
nächste Wetterstation:	Wintersweiler
Niederschlag (mm) mittel (mini-maximum)	780
Temperatur mittel (minimum-maximum)	8,7
	338

bearbeitender Landwirt	-
Ort	Wintersweiler
Bodentyp	Braunerde
Ausgangsgestein	Löß

Topographische Situation		
Ebene	Hang	
	% Neigung	Ausrichtung
	ca. 3	Nord

Versuchsdauer	
Jahr der Einrichtung	2003
Bericht/Ergebnisse verfügbar:	NEIN

Parzelle	Typ der Bodenbearbeitung			Kultur/ (ggf. mit Fruchtfolge)	Zwischenfrucht oder Winterbegrünung		
	Bezeichnung	Eingesetzte Geräte	Zeitpunkt		Kultur	Aussaat	Abtötung (chemisch/ mechanisch)
Pflug		MONOSEM NG PLUS	ortsüblich	Körnermais			
Direktsaat		JOHN DEERE MAX EMERGE mit CROSS-SLOT-Särschar	ortsüblich	Körnermais			
		Saatstärke identisch bis 2004, ab 2005 bei Direktsaat um 10% höher!!!					

Zielsetzung/Fragestellung des Versuchs

Ist mit geeigneter Direktsaattechnik der Anbau von Körnermais im Daueranbau ökonomisch und ökologisch (Erosion) sinnvoll?

untersuchte Parameter

Parameter	Methode	Ergebnis		
Ertrag	Drusch	dt/ha (86%TS)	dt/ha (86%TS)	
		Pflug	Direktsaat	
		2003	72	76
		2004	103	84
		(Mulchsaat)	ab 2005 Saatstärke 10% höher als Pflug	
Nmin Boden (monatlich)	LUFA			

Kontaktadresse:	
Name	
Organisation	ALLB Bruchsal
Adresse	
Tel.	07251/741851
e-mail :	

Wetterdaten	
nächste Wetterstation:	
Niederschlag (mm) mittel (mini-maximu	670
Temperatur mittel (minimum-maximum	10,2

bearbeitender Landwirt	-
Ort	Dossenheim
Bodentyp	uL - IT (schwer) Der Versuch liegt niedrig auf 100 m Meereshöhe, mit einer hohen Jahresdurchschnittstemperatur und relativ geringen Jahresniederschlägen. Die Ackerzahl des tiefgründigen Standorts beträgt 80 - 85, der Humusgehalt liegt bei 2 %.
Ausgangsgestein	

Topographische Situation		
Ebene	Hang	
	% Neigung	Ausrichtung

Versuchsdauer	
Jahr der Einrichtung	1995
Report/Ergebnisse verfügbar:	JA

Parzelle	Typ der Bodenbearbeitung			Kultur/ (ggf. mit Fruchtfolge)	Zwischenfrucht oder Winterbegrünung		
	Bezeichnung	Eingesetzte Geräte	Zeitpunkt		Kultur	Aussaat	Abtötung (chemisch/ mechanisch)
P1	V1 =	Pflug mit konventioneller Saatbeetbereitung und Saat		Winterweizen-Sommergerste-Körnermais-Winterweizen-Sommergerste-Winterraps-Winterweizen-Sommergerste	Senf		Pflug
P2	V2 =	Mulchsaat mit flacher Bodenbearbeitung			Senf		Round up
P3	V3 =	Direktsaat mit Saatkombinationen, teilweise mit Beschwerung der Schare oder mit Direktsaatmaschinen.			Senf		Round up
P4	V4 =	modifizierte Direktsaat mit flacher Bodenbearbeitung bis 5 cm vor der Saat (seit 1999)			Senf		Round up

Zielsetzung/Fragestellung des Versuchs

Bodenbearbeitung (Pflanzenbau, Ökonomie, Umweltwirkung)
 Welchen Einfluss haben verschiedene Bodenbearbeitungssysteme auf pflanzenbauliche und wirtschaftliche Parameter im Ackerbau?

untersuchte Parameter

Parameter	Methode	Ergebnis
Ertrag	Parzellenbeerntung	Insgesamt sank der Ertrag bei Mulchsaat um 8% und bei Direktsaat um 11%. Nur geringfügig reduzierte sich der Ertrag bei Mulchsaat bei den Kulturen Mais, Winterweizen und Sommergerste. Auch beim Winterraps sind die Ertragsrückgänge mit 5% in den Mulchsaatvarianten moderat. Deutlichere Auswirkungen sind bei Direktsaat zu verzeichnen.
Rohprotein	LUFA	Der Körnermais-Dauerstandort zeigte einen im 8-jährigem Mittel um 0,5% geringeren Rohproteingehalt bei Mulchsaat und einen um 0,6% geringeren Gehalt bei Direktsaat. Bei Sommergerste wurden die für die Vermarktung als Braugerste geforderten Eiweißgehalte in allen Fällen erreicht, Pflug und Mulchsaat liegen auf ähnlichem Niveau, bei Direktsaat sind die Rohproteingehalte mit 0,6% etwas höher. Beim Winterweizen sind keine variantenbedingten Unterschiede aufgetreten.
Ölgehalt (Raps)	LUFA	Der Ölgehalt von Winterraps wurde durch das Bodenbearbeitungsverfahren nicht beeinflusst.
Zuckergehalt (Rüben)	LUFA	Die Zuckerrüben zeichneten sich bei Mulchsaat aufgrund des hohen Frischmasseertrages durch den höchsten Zuckerertrag je ha aus.
Nitratgehalte im Boden	LUFA	Im gesamten Jahresverlauf wurden im Mittel über alle Standorte und Jahre in den Pflugvarianten jeweils höhere Nmin-Werte gefunden, in den Direktsaatvarianten waren sie am geringsten. V.a. an den beiden Beprobungsterminen über Winter liegen die Werte in den Pflugvarianten um 5-7 kg N/ha höher als in den Mulch- bzw. Direktsaatvarianten.F5

Standort: Efringen-Kirchen
 Region : Südbaden

Projekttitle: Systemvergleich Bodenbearbeitung Baden-Württemberg
 Versuchsjahr 2004

Kontaktadresse:	
Name	Hr. Winkler
Organisation	ALLB Lörrach
Adresse	
Tel.	07621/4097142
e-mail :	
bearbeitender Landwirt	-
Ort	
Bodentyp	sL-L (mittel) mit Ackerzahlen von etwa 80, einem Steinanteil unter 5 %, einem Humusgehalt von 4,4 - 4,7 % und einem pH-Wert von 6,0 - 6,
Ausgangsgestein	

Wetterdaten	
nächste Wetterstation:	
Niederschlag (mm) mittel (mini-maximum)	650
Temperatur mittel (minimum-maximum)	9,4

Topographische Situation		
Ebene	Hang	
	% Neigung	Ausrichtung

Versuchsdauer	
Bericht/Ergebnisse verfügbar:	JA

Parzelle	Typ der Bodenbearbeitung			Kultur/ (ggf. mit Fruchtfolge)	Zwischenfrucht oder Winterbegrünung		
	Bezeichnung	Eingesetzte Geräte	Zeitpunkt		Kultur	Aussaat	Abtötung (chemisch/ mechanisch)
P1	V1 =	Pflug mit konventioneller Saatbeetbereitung und Saat		Monomais			Pflug
P2	V2 =	Mulchsaat mit flacher Bodenbearbeitung		Monomais			Round up
P3	V3 =	Direktsaat mit Saatkombinationen, teilweise mit Beschwerung der Schare oder mit Direktsaatmaschinen.		Monomais			Round up
P4	V4 =	modifizierte Direktsaat mit flacher Bodenbearbeitung bis 5 cm vor der Saat (seit 1999)		Monomais			Round up

Zielsetzung/Fragestellung des Versuchs

Bodenbearbeitung (Pflanzenbau, Ökonomie, Umweltwirkung)
 Welchen Einfluss haben verschiedene Bodenbearbeitungssysteme auf pflanzenbauliche und wirtschaftliche Parameter im Ackerbau?

untersuchte Parameter

Parameter	Methode	Ergebnis
Ertrag	Parzellenbeerntung	Insgesamt sank der Ertrag bei Mulchsaat um 8% und bei Direktsaat um 11%. Nur geringfügig reduzierte sich der Ertrag bei Mulchsaat bei den Kulturen Mais, Winterweizen und Sommergerste. Auch beim Winterraps sind die Ertragsrückgänge mit 5% in den Mulchsaatvarianten moderat. Deutlichere Auswirkungen sind bei Direktsaat zu verzeichnen.
Nitratgehalte im Boden	LUFA	Im gesamten Jahresverlauf wurden im Mittel über alle Standorte und Jahre in den Pflugvarianten jeweils höhere Nmin-Werte gefunden, in den Direktsaatvarianten waren sie am geringsten. V.a. an den beiden Beprobungsterminen über Winter liegen die Werte in den Pflugvarianten um 5-7 kg N/ha höher als in den Mulch- bzw. Direktsaatvarianten

Region : Südbaden

Versuchsjahr 2004

Kontaktadresse:	
Name	Thomas Hölscher
Organisation	Agentur ANNA
Adresse	Klosterrunsstr. 17 79379 Müllheim
Tel.	07631/174460
e-mail :	Th@anna-consult.de

bearbeitender Landwirt	diverse
Ort	Stegen, Kirchzarten, Oberried
Bodentyp	
Ausgangsgestein	

Wetterdaten	
nächste Wetterstation:	Ebnet
Niederschlag (mm) mittel (mini-maximum)	850-1100
Temperatur mittel (minimum-maximum) :	

Topographische Situation		
Ebene	Hang	
	% Neigung	Ausrichtung
x	-	

Versuchsdauer	
Jahr der Einrichtung	2004
Bericht/Ergebnisse verfügbar:	NEIN

Zielsetzung/Fragestellung des Versuchs

Einführung und Überprüfung der Reihenfrässaat unter Praxisbedingungen.

Keine Exaktversuche, sondern möglichst vielfältiger Einsatz des Verfahrens nach eigenen Entscheidungen der Praktiker und betrieblichen Notwendigkeiten. Variation von Kultur und Nutzung/Zerstörung der Winterbegrünung, Art und Aufwand von Pflanzenschutzmitteln, Düngung gemäß Spät-NID

Parzelle	Typ der Bodenbearbeitung		Kultur/ (ggf. mit Fruchtfolge)	Zwischenfrucht oder Winterbegrünung		
	Eingesetzte Geräte	Zeitpunkt		Kultur	Aussaat	Abtötung (chemisch/ mechanisch)
P1	Reihenfräse Ökosem III	ca. 1 Woche nach betriebsüblicher Pflugsaat	Silomais	Weidelgras	ca. 7-Blatt Stadium	
P2	Reihenfräse Ökosem III	ca. 1 Woche nach betriebsüblicher Pflugsaat	Silomais	Senf		Chemisch
P3	Reihenfräse Ökosem III	ca. 1 Woche nach betriebsüblicher Pflugsaat	Silomais	Raps		Mechanisch nach Nutzung Grassilage
P4	Reihenfräse Ökosem III	ca. 1 Woche nach betriebsüblicher Pflugsaat	Silomais nach Triticale			
P5	Reihenfräse Ökosem III	ca. 1 Woche nach betriebsüblicher Pflugsaat	Silomais nach Wintergerste	Weidelgras	ca. 7-Blatt Stadium	Chemisch
P6	Reihenfräse Ökosem III	ca. 1 Woche nach betriebsüblicher Pflugsaat	Silomais	Weidelgras	ca. 7-Blatt Stadium	Chemisch nach Nutzung Grassilage
P7	Pflug Egge Egge Kreiselegge Saat	11.3. 29.04. 04.05. 13.05. 13.05	Silomais	Weidelgras	ca. 7-Blatt Stadium	Umbruch
P8	Pflug Egge	20.1. 15.4.	Silomais	-	ca. 7-Blatt Stadium	Umbruch

untersuchte Parameter

Parameter	Methode	Ergebnis
Schädlinge	Subjektive Erhebung durch die Bewirtschafter	noch nicht verfügbar
Auflauf	Subjektive Erhebung durch die Bewirtschafter	insgesamt guter-sehr guter Auflauf, auf gepflügten Vergleichsstandorten z.T. etwas schneller und gleichmäßiger, bei Reihenfrässaat auf kalten Standorten trotz später Saat (Anfang Mai) zögerlicher Auflauf
Unkräuter	Subjektive Erhebung durch die Bewirtschafter	Auf einigen Schlägen (Pflug- und Frässaatflächen) mittlerer bis starker Befall von Problemunkräutern Melde (<i>Atriplex</i> spp.), Gänsefuß (<i>Chenopodium album</i>), Ampfer (<i>Rumex</i> spp.), Distel, Hirse (<i>Setaria</i> spp.), Quecke (<i>Agropyron repens</i>) Franzosenkraut (<i>Galinsoga parviflora</i>).
Ertrag	Teilflächenbeerntung	Im ersten Jahr (Umstellung) nicht signifikante Mindererträge um ca. 5% auf insgesamt hohem Niveau (>16 t TS)
Produktionskosten Silomais	Deckungsbeitragsrechnungen	Vergleichbare Kosten bei Lohnarbeit ohne Maschinenabstockung (und ohne MEKA). Einsparungen von ca. 7,5% bei Abstockung eigener Maschinen.
Stickstoffhaushalt	NID	noch nicht verfügbar

ohne Wiederholungen

Kontaktadresse:	
Name	Didier Lasserre
Organisation	ARVALIS institut du végétal
Adresse	2 allée Herrlisheim 68000 Colmar
Tel.	03.89.22.28.41
e-mail :	d.lasserre@arvalisinstitutduvegetal.fr

Wetterdaten	
nächste Wetterstation:	Spechbach
Niederschlag (mm) mittel (mini-maximu	verfügbar
Temperatur mittel (minimum-maximum)	verfügbar
Frosttage	?

bearbeitender Landwirt	?
Ort	Spechbach
Bodentyp	Lehm bis toniger Lehm, entkalt, tiefgründig und gut dränend
Ausgangsgestein	Loess

Topographische Situation		
Ebene	Hang	
	% Neigung	Ausrichtung
nein	2,5	Süd/Ost

Versuchsdauer	
Jahr der Einrichtung	1997
Bericht/Ergebnisse verfügbar:	ja

Parzelle	Typ der Bodenbearbeitung			Kultur/ (ggf. mit Fruchtfolge)	Zwischenfrucht oder Winterbegrünung		
	Code	Eingesetzte Geräte	Zeitpunkt		Kultur	Aussaat	Abtötung (chemisch/ mechanisch)
P1	CT1	Pflug Kreiselegge (1x) Scheibensämaschine	November Mai Mai	Mais/Mais	-	-	-
P2	RTS3	Kreiselegge (1x) Scheibensämaschine	Mai Mai	Mais/Mais			

Zielsetzung/Fragestellung des Versuchs

Bewertung der Wirksamkeit von begrünenden Randstreifen am Hangfuß sowie von einer flachgründigen pfluglosen Bodenbearbeitung auf die Menge des Oberflächenabflusses sowie die mit dem Oberflächenwasser verlagerten Pflanzenschutzmittelmengen.

untersuchte Parameter

Kategorie	Methoden	Art der Ergebnisse
Oberflächenabfluss Menge Wirkstoffkonzentration Aktivsubstanzfluss (Atrazin und 2 Metaboliten: DEA, DIA)	Messung (nur hydraul.) Messung Berechnung	Wert mm (l/m ²) Wert µg/l Aktivsubstanz Wert (mg/ha)

Die wichtigsten Ergebnisse:

Die größten **Mengen an Nitrat und Pflanzenschutzmitteln** werden durch Oberflächenabfluss-Ereignisse **kurz nach der Ausbringung verlagert**. Die verlagerte Gesamtmenge an Stickstoff und Pflanzenschutzmitteln beträgt weniger als 0,5% der ausgebrachten Menge. Der **Oberflächenabfluss hängt ab von der Niederschlagsituation und dem Wassersättigungszustand** des Schlages. Der letztgenannte hängt von der Verschlämmungsneigung und der Wassersättigung ab, die wiederum von der Strukturstabilität und der Bedeckung des Bodens mit Pflanzenresten zusammenhängen.

Jahr	% Wirksamkeit in Bezug auf Oberflächenabfluss	% Wirksamkeit in Bezug auf Herbizidverlagerung
1997	84	59
1998	40	16
1999	12	0

Mit pfluglosen Bodenbearbeitungsverfahren konnte 1998 bei 6 Niederschlagsereignissen 40% des Oberflächenabflusses zurückgehalten werden (gegenüber 87% 1997). Während einem **Starkniederschlagsereignis (62 mm/h)** war die Wirkung gleich Null. 1999 betrug der Wirkungsgrad nur 12%. In diesem **niederschlagsreichen Jahr** (Starkniederschläge in der zweiten Junihälfte: mehrerer Ereignisse mit > 100 mm/h) hatten die **pfluglosen Verfahren einen nachteiligen Effekt** auf die Konzentrationen an Nitrat und Pflanzenschutzmitteln sowie auf die Verlagerung von Pflanzenschutzmitteln: Die Herbizidverlagerung war doppelt so stark wie in der Kontrolle. Auch der begrünende Randstreifen zeigte sich weniger wirksam. Letztendlich haben die **pfluglosen Verfahren die Verlagerung von Pflanzenschutzmitteln im Mittel um 25% reduziert**, um 0% im Jahr 1999 und um 59% im Jahr 1997. Die Wirkung ist schlechter als die der begrünenden Randstreifen. Im Jahr 1999 lässt sich das mit der hohen Niederschlagsintensität (100 mm/h), einer hohen Wassersättigung des Bodenprofils während des ganzen Frühjahrs sowie mit einer schnelleren Verschlechterung des Zustands der Bodenoberfläche erklären.

Im Vergleich mit dem **begrünenden Randstreifen** zeigten die pfluglosen Verfahren im Jahr 1998 eine sehr begrenzte Wirkung auf die verlagerten Mengen und Konzentrationen von Pflanzenschutzmitteln in der Lösung (zwischen 2,5 und 20% je nach Mittel im Vergleich zum Randstreifen). Im Jahr 1997 zeigten die pfluglosen Verfahren eine bessere Wirkung: 59% in Bezug auf die Menge.

Ort: **Rouffach**

(ohne Wiederholungen) Département:

68

Jahre: **2003-05**

Kontaktadresse:	
Name	Christian Bockstaler
Organisation	ARAA/INRA
Adresse	28 rue Herrlisheim
	68021 Colmar
Tel.	03.89.22.49.80
e-mail :	bockstal@colmar.inra.fr

Wetterdaten	
nächste Wetterstation:	Rouffach
Niederschlag (mm) mittel (mini-max)	verfügbar
Temperatur mittel (minimum-maximum)	verfügbar
Frosttage	?

bearbeitender Landwirt	Ferme Judenmatt (Lycée Agricole)
Ort	Rouffach
Bodentyp	tiefgründiger kalkhaltiger stL mit leichter Staunässe stL (L=40/A=22/s=36) / 1,6 % MO
Ausgangsgestein	Junge Ablagerungen der Alten Thur

Topographische Situation		
Ebene	Hang	
	% Neigung	Ausrichtung
ja	0	

Beregnung

Versuchsdauer	
Jahr der Einrichtung	TSL: 2003
Bericht/Ergebnisse verfügbar:	ja

Jahr: 2003

Parzelle	Typ der Bodenbearbeitung			Kultur/ (ggf. mit Fruchtfolge)	Zwischenfrucht oder Winterbegrünung		
	Code	Eingesetzte Geräte	Zeitpunkt		Kultur	Aussaat	Abtötung (chemisch/ mechanisch)
P1	CT1	Pflug Federzahnegge (1x) Scheibensämaschine	Dezember April April	Mais/Mais	-	-	-
P2	RT	Grubber Federzahnegge (1x) Scheibensämaschine	Dezember April April Juni	Mais/Ackerbohne/ Mais/Soja	Weidelgras	Grubber+Sämaschine	mechanisch

Jahre: 2004 und 2005

Parzelle	Typ der Bodenbearbeitung			Kultur/ (ggf. mit Fruchtfolge)	Zwischenfrucht oder Winterbegrünung		
	Code	Eingesetzte Geräte	Zeitpunkt		Kultur	Aussaat	Abtötung (chemisch/ mechanisch)
P1	CT1	Pflug Federzahnegge mit Krümlerwalzen (2x) Scheibensämaschine	Dezember April	Mais/Mais	-	-	-
P2	RT	Grubber Federzahnegge mit Krümlerwalzen (2x) Scheibensämaschine	Dezember April April September	Mais/Ackerbohne/ Mais/Soja	Senf	Grubber+Sämaschine	mechanisch

Ort: Niederentzen

Département: 68

Jahre 2003-05

Kontaktadresse:	
Name	Christian Bockstaller
Organisation	ARAA/INRA
Adresse	28 rue Herrlisheim 68021 Colmar
Tel.	03.89.22.49.80
e-mail :	bockstal@colmar.inra.fr

bearbeitender Landwirt	Daniel Rittmann
Ort	Niederentzen
Bodentyp	Lsa-las (L=28/a=19/s=51) / 1,6 % MO 42% Steinanteil
Ausgangsgestein	flachgründige rote Hardt

Beregung

Wetterdaten	
nächste Wetterstation:	Oberentzen
Niederschlag (mm) mittel (minimum-maximum)	verfügbar
Temperatur mittel (minimum-maximum)	verfügbar
Frosttage	?

Topographische Situation		
Ebene	Hang	
	% Neigung	Ausrichtung
oui	0	

Versuchsdauer	
Jahr der Einrichtung	NL: 2002
Bericht/Ergebnisse verfügbar	ja

Jahr: 2003

Parzelle	Typ der Bodenbearbeitung			Kultur/ (ggf. mit Fruchtfolge)	Zwischenfrucht oder Winterbegrünung		
	Code	Eingesetzte Geräte	Zeitpunkt		Kultur	Aussaart	Abtötung (chemisch/mechanisch)
P1	CT1	Pflug Egge schwer (1x) Federzahnegge (1x) Scheibensämaschine	Dezember März April April	Mais/Mais	-	-	-
P2	RT	Grubber Kreiselegge (1x) Scheibensämaschine	März März April Juni	Mais/Mais	Klee	Hackgerät+Sämasch.	Abtötung (chemisch/mechanisch)
P3	RTS4	Schneidegrubber (Strip-till) (3x) Streifenfrässaart	April April Juni	Mais/Mais	Klee	Hackgerät+Sämasch.	mechanisch

Jahre: 2004 und 2005

Parzelle	Typ der Bodenbearbeitung			Kultur/ (ggf. mit Fruchtfolge)	Zwischenfrucht oder Winterbegrünung		
	Code	Eingesetzte Geräte	Zeitpunkt		Kultur	Aussaart	Abtötung (chemisch/mechanisch)
P1	CT1	Pflug Egge schwer (1x) Federzahnegge (1x) Scheibensämaschine	Dezember März April April	Mais/Mais	-	-	-
P2	RT	Grubber Federzahnegge (1x) Scheibensämaschine	März März April Juni	Mais/Mais	Weidelgras	Hackgerät+Sämasch.	mechanisch
P3	RTS4	Streifenfrässaart	März April Juni	Mais/Mais	Weidelgras	Hackgerät+Sämasch.	-

Zielsetzung/Fragestellung des Versuchs

Erprobung und Gesamtbewertung von Mais-Anbausystemen, die ökonomische und ökologische Zielsetzungen vereinen, auf Grundlage von Anbauvarianten ('raisonné' = 'wohlüberlegt') bzw. nach den Grundsätzen der Integrierten Produktion über einen Zeitraum, der es erlaubt, auch kumulative Effekte aufzuzeigen.

Die Versuchsanlage soll im Laufe der Zeit als Demonstrationsfläche dienen, um Vorbehalte der Landwirte zu zerstreuen und diese neuen Anbauverfahren auf der Grundlage von wohlüberlegter bzw. integrierter Produktion einzuführen.

untersuchte Parameter

Kategorie	Methoden	Art der Ergebnisse
Strukturzustand Durchwurzelungsprofil	Bonituren im Pflughorizont.	qualitatives/quantifizierbares Ergebnis (% Verdichtungszone)
Krankheits- und Unkrautdruck Fritfliege Fusariosen Masizünsler Wirksamkeit und techn. Machbarkeit der Unkrautbekämpfung Verunkrautung des Schlags	Bonitur /Zählung Bonitur /Zählung Bonitur /Zählung Bonitur /Zählung Zählung	Wert in % Wert in % Wert in % qualitatives Ergebnis (Note für Effizienz d. Unkrautbekämpfg.) quantitatives Ergebn. (Anzahl Unkrautarten)
Messung zu Stickstoff Nmin N-Aufnahme der Kultur N-Aufnahme durch Zwischenfrucht	Nitratmessung in Saugkerzen Nitratmessung in Saugkerzen Nitratmessung in Saugkerzen	Wert kg N (NO ₃ +NH ₄)/ha Wert t TM/ha und kg N-Aufnahme/ha Wert t TM/ha und kg N-Aufnahme/ha
Ertragskomponenten Zählung Feldaufgang Kornfeuchte Ertrag (dt/ha) b. 15% Feuchte TKM (g)	Bonitur /Zählung Messung Ernte und Messung Zählung und Wiegung	Angabe Anzahl Pfl./ha o. K/m ² % Wert in dt/ha bei 15% Feuchte.. Wert in g
Gesamtbewertung Ökonomische Rentabilität Arbeitszeit Energiekosten		Erträge, Deckungsbeitrag Aufzeichnungen

Orte: Rouffach und Niederentzen

Département : 68

Die wichtigsten Ergebnisse 2003-2005:

In Rouffach bringt das innovative System die besten Ergebnisse (103 statt 101 dt/ha), in Niederentzen fällt es jedoch um 10-15 dt/ha ab, insbesondere die Reihenfrässaat im Jahr 2003, vielleicht wegen der **Konkurrenz des Weidelgras in den beiden innovativen Verfahren**. Die gute Entwicklung der Zwischenfrüchte auf Hardtböden hat die Jugendentwicklung des Mais umso mehr beeinträchtigen können, als das Frühjahr 2003 trocken war. Im Jahr 2003 scheinen die innovativen Verfahren durch die Wahl der **Sorte Nexxos**, die wegen ihrer Frühreife und ihrem aufrechten Wuchs, der Licht für die Untersaat durchlässt ausgewählt worden war, an beiden Standorten benachteiligt worden zu sein. Sie wurde dann ersetzt durch DKC 3420. Die **Auswahl ertragreicher Sorten** bleibt vorrangig!

Die in den Sommern 2003 und 2005 aufgegrabenen Bodenprofile zeigen in Rouffach einer stärker degradierte Struktur (Vorgeschichte und schlechtere Bedingungen). In Niederentzen zeigen sich bei Direktsaat niedrigere Bestandesdichten infolge von **Problem beim Einsatz der Reihenfrässaattechnik** und einer **Konzentration der Wurzelmasse in der gefrästen Zone bei P3**. Die Durchwurzelungstiefe von Mais überschreitet die 80cm auf den Böden der Hardt mit Pflug noch deutlicher.

Die pfluglosen Verfahren haben seit 2003 zu einem **starken Unkrautdruck** geführt: PDS-Komplex und Gänsefußarten treten stärker auf bei Direktsaat in Rouffach und bei Reihenfrässaat in Niederentzen (pfluglos in Niederentzen andere Flora). In Rouffach ist die Wirkung einer Callisto-Milagro-Behandlung auf Gräser (Hirsens) zu gering, unabhängig vom Anbausystem. In Rouffach wurde deshalb beim innovativen System eine **weitere Ungrasbehandlung** und in Niederentzen eine weitere Unkrautbehandlung bei allen Verfahren (Nachtschatten und Gänsefuß). Bei Direktsaat in Niederentzen musste auch noch ein zusätzliches Ungrasmittel gegen Weidelgrasdurchwuchs im ungefrästen Bereich zwischen den Reihen eingesetzt werden.

Die **Nmin-Messungen** spiegeln den Effekt des Bodentyps (mehr Stickstoff im Bodenprofil der Hardt), der Witterung des Jahres (2003 trocken und niedrige Erträge) und eventuell der Untersaat wider, nicht jedoch den der Bodenbearbeitung. Das Weidelgras hat, je nach Jahr, zwischen 15 und 40 kg N/ha aufgenommen.

(ohne Wiederholungen)

Kontaktadresse:	
Name	Régis HUSS
Organisation	CA 67
Adresse	2 rue de Rome BP 30022 Schiltigheim
	67013 STRASBOURG Cedex
Tel.	03 88 19 17 11
e-mail :	r.huss@bas-rhin.chambagri.fr

bearbeitender Landwirt	Romain MARTIN
Ort	HOCHFELDEN
Bodentyp	LA (L=71-A=20-s=7) 1,8 % MO pH=8,3 pH KCL = 7,4
Ausgangsgestein	Loess

Wetterdaten	
nächste Wetterstation:	Schwindratzheim
Niederschlag (mm) mittel (mini+D49-maximum) :	
Temperatur mittel (minimum-maximum) :	
Frosttage	

Topographische Situation		
Ebene	Hang	
	% Neigung	Ausrichtung
nein	4-7	Nord/Ost

Versuchsdauer	
Jahr der Einrichtung	1999
Bericht/Ergebnisse verfügbar:	nein

Jahre: 2001, 2002 und 2004

Parzelle	Typ der Bodenbearbeitung			Kultur/ (ggf. mit Fruchtfolge)	Zwischenfrucht oder Winterbegrünung		
	Code	Eingesetzte Geräte	Zeitpunkt		Kultur	Aussaat	Abtötung (chemisch/mechanisch)
P3	CT1	Pflug Federzahnegge (1x) Scheibensämaschine	Dezember April April	Mais/Mais	-	-	-
P2	RT	Zinken-Stoppelhobel Federzahnegge (1x) Scheibensämaschine	Dezember April April	Mais/Mais	-	-	-
P1	NT	Scheibensämaschine Scheibensämaschine	Oktober Frühjahr	Mais/Mais	Weißhafer	Scheibensämaschine	chemisch

Jahr+A30: 2003

Parzelle	Typ der Bodenbearbeitung			Kultur/ (ggf. mit Fruchtfolge)	Zwischenfrucht oder Winterbegrünung		
	Code	Eingesetzte Geräte	Zeitpunkt		Kultur	Aussaat	Abtötung (chemisch/mechanisch)
P3	CT1	Pflug Federzahnegge (1x) Scheibensämaschine	Dezember April April	Mais/Mais	-	-	-
P2	RT	Zinken-Stoppelhobel Federzahnegge (1x) Scheibensämaschine	Dezember April April	Mais/Mais	-	-	-
P1	RTD	Tiefgrubber Scheibensämaschine	Frühjahr Frühjahr	Mais/Mais	-	-	-

Zielsetzung/Fragestellung des Versuchs

Ziel dieses Versuchs ist, Lösungen zu finden, wie mit pflugloser Bodenbearbeitung der Oberflächenabfluss und die Erosion bekämpft werden können, ohne dass es zu großen Ertragsverlusten kommt.

Dazu wurden verschiedene Bodenbearbeitungsverfahren mit unterschiedlichen Geräten erprobt.

untersuchte Parameter

Kategorie	Methoden	Art der Ergebnisse
Bodenstruktur Wurzelprofil Mikrokapillarität Oberflächenabfluss und Erosion	Beobachtung Wurzelprofil Beobachtung Oberflächenzustand nach Niederschlag P° nicht quantifizierte Beobachtung	qualitatives / quantifizierbares Ergebnis Beobachtung Oberflächenzustand qualitative Aufzeichnung (ja/nein)
Krankheits- und Unkrautdruck Fusariose (%) Verunkrautung	Bonitur /Zählung Bonitur / Schätzung	Wert in % qualitatives Ergebnis
Ertragskomponenten Feldaufgang Kornfeuchte Ertrag (dt/ha) bei 15% H ₂ O.	Bonitur /Zählung Messung Ernte und Messung	Wert Pfl./ha oder K./m ² % TS Wert in dt/ha bei 15% Feuchte
Sonstige Bodentemperatur b.d. Saat	Messung	Wert in °C

Die wichtigsten Ergebnisse:

Mit dem Pflug gibt es gleichmäßige Maisbestände mit verlängerten Internodien (Effekt der schnellen Bodenerwärmung im Frühjahr)

Bei **Direktsaat** treten vermehrt **Winden** auf. Eine **Bodenlockerung** konnte Verdichtungen von der letzten Maisernte aufbrechen.

Die **Nmin-Untersuchungen** von 2004 zeigen **keine Unterschiede** zwischen den beiden pfluglosen Verfahren. Zusätzliche N-Gaben von 30-50 kg/ha zur Saat hätten die Frühjahrsentwicklung verbessern können (Zusatz-N kein Problem, da Boden bei pfluglos bedeckt ist).

Der Effekt der pfluglosen Verfahren auf die **Wasserspeicherkapazität** ist in trockenen Jahren sehr ausgeprägt: 88 dt/ha bei Direktsaat, 82 dt/ha bei Grubber und 74 dt/ha bei Pflug.

Der Kornertag von Mais wird durch eine reduzierte Bodenbearbeitung nicht beeinträchtigt (im Gegensatz zum Ganzpflanzenertrag). Lediglich bei Direktsaat liegen die Erträge infolge von **schlechterem Feldaufgang** niedriger (7 dt/ha). Nach 4 Jahren liegt der Ertrag von **Direktsaat bei 88% des Pflugs und der von Grubber bei 102%**. Die Erträge der Direktsaat nehmen jedoch kontinuierlich zu (**um 4 dt/ha/a**) dank dem zunehmenden Verschwinden der Pflugsohle und der besseren Beherrschung der Technik (Feldaufgang, Lockerung).

Das Verfahren Direktsaat+Lockerung benötigt 1h20 pro ha gegenüber 2h40 beim Pflug und 1h50 beim Grubber.

(ohne Wiederholungen)

Kontaktadresse:	
Name	Régis HUSS
Organisation	CA 67
Adresse	2 rue de Rome BP 30022 Schiltigheim
	67013 STRASBOURG Cedex
Tel.	03 88 19 17 11
e-mail :	r.huss@bas-rhin.chambagri.fr

bearbeitender Landwirt	Gérard HEINTZ
Ort	NEEWILLER bei LAUTERBOURG
Bodentyp	L (L=777-a=16-s=5) 1,7 % MO
	pH=8,3
Ausgangsgestein	Loess

Wetterdaten	
nächste Wetterstation:	LAUTERBOURG
Niederschlag (mm) mittel (mini-maximum) :	?
Temperatur mittel (minimum-maximum) :	?
Frosttage	?

Topographische Situation		
Ebene	Hang	
	% Neigung	Ausrichtung
nein	7-9	Nord/Ost

Versuchsdauer	
Jahr der Einrichtung	2001
Bericht/Ergebnisse verfügbar:	nein

Parzelle	Typ der Bodenbearbeitung			Kultur/ (ggf. mit Fruchtfolge)	Zwischenfrucht oder Winterbegrünung		
	Code	Eingesetzte Geräte	Zeitpunkt		Kultur	Aussaat	Abtötung (chemisch/mechanisch)
P1	NT	Scheibensämaschine	Dezember April April	Mais/Mais	- Winterhafer	- breitwürfig, anschließend Mulchen der Ernterückstände	
P2	RT	Zinken-Stoppelhobel Federzahnegge (1x) Scheibensämaschine	Dezember April April	Mais/Mais	- Winterhafer	-	-
P3	NT	Scheibensämaschine	Oktober Frühjahr	Mais/Mais	Weißhafer		chemisch

Jahr: 2003

Parzelle	Typ der Bodenbearbeitung			Kultur/ (ggf. mit Fruchtfolge)	Zwischenfrucht oder Winterbegrünung		
	Code	Eingesetzte Geräte	Zeitpunkt		Kultur	Aussaat	Abtötung (chemisch/mechanisch)
P3	CT1	Pflug Federzahnegge (1x) Scheibensämaschine	Dezember April April	Mais/Mais	-	-	-
P2	RT	Zinken-Stoppelhobel Federzahnegge (1x) Scheibensämaschine	Dezember April April	Mais/Mais	-	-	-
P1	RTD	Tiefgrubber Scheibensämaschine	Frühjahr Frühjahr	Mais/Mais	-	-	-

Zielsetzung/Fragestellung des Versuchs

Ziel dieses Versuchs ist, Lösungen zu finden, wie mit pflugloser Bodenbearbeitung der Oberflächenabfluss und die Erosion bekämpft werden können, ohne dass es zu großen Ertragsverlusten kommt.

Dazu wurden verschiedene Bodenbearbeitungsverfahren mit unterschiedlichen Geräten erprobt.

untersuchte Parameter

Kategorie	Methoden	Art der Ergebnisse
Bodenstruktur Wurzelpprofil Mikrokapillarität Oberflächenabfluss und Erosion	Beobachtung Wurzelpprofil Beobachtung Oberflächenzustand nach Niederschlag P° nicht quantifizierte Beobachtung	qualitatives / quantifizierbares Ergebnis Beobachtung Oberflächenzustand qualitative Aufzeichnung (ja/nein)
Krankheits- und Unkrautdruck Fusariose (%) Verunkrautung	Bonitur /Zählung Bonitur / Schätzung	Wert in % qualitatives Ergebnis
Ertragskomponenten Feldaufgang Kornfeuchte Ertrag (dt/ha) bei 15% H ₂ O.	Bonitur /Zählung Messung Ernte und Messung	Wert Pfl./ha oder K./m ² % TS Wert in dt/ha bei 15% Feuchte..
Sonstige Bodentemperatur b.d. Saat	Messung	Wert in °C

Die wichtigsten Ergebnisse:

Mit dem Pflug gibt es gleichmäßige Maisbestände mit verlängerten Internodien (Effekt der schnellen Bodenerwärmung im Frühjahr)

Bei **Direktsaat** treten vermehrt **Winden** auf. Eine **Bodenlockerung** konnte Verdichtungen von der letzten Maisernte aufbrechen.

Die **Nmin-Untersuchungen** von 2004 zeigen **keine Unterschiede** zwischen den beiden pfluglosen Verfahren. Zusätzliche N-Gaben von 30-50 kg/ha zur Saat hätten die Frühjahrsentwicklung verbessern können (Zusatz-N kein Problem, da Boden bei pfluglos bedeckt ist).

Der Effekt der pfluglosen Verfahren auf die **Wasserspeicherkapazität** ist in trockenen Jahren sehr ausgeprägt: 88 dt/ha bei Direktsaat, 82 dt/ha bei Grubber und 74 dt/ha bei Pflug.

Der Korntrag von Mais wird durch eine reduzierte Bodenbearbeitung nicht beeinträchtigt (im Gegensatz zum Ganzpflanzenertrag). Lediglich bei Direktsaat liegen die Erträge infolge von **schlechterem Feldaufgang** niedriger (7 dt/ha). Nach 4 Jahren liegt der Ertrag von **Direktsaat bei 88% des Pflugs und der von Grubber bei 102%**. Die Erträge der Direktsaat nehmen jedoch kontinuierlich zu (**um 4 dt/ha/a**) dank dem zunehmenden Verschwinden der Pflugsohle und der besseren Beherrschung der Technik (Feldaufgang, Lockerung).

Das Verfahren Direktsaat+Lockerung benötigt 1h20 pro ha gegenüber 2h40 beim Pflug und 1h50 beim Grubber.

Vergleich von Geräten ohne Wiederholungen

Kontaktadresse:	
Name	Patrice DENIS
Organisation	CA 67
Adresse	1 rue de Hollande 67230 BENFELD
Tel.	03 88 74 13 13
e-mail :	adar.ill@bas-rhin.chambagri.fr

bearbeitender Landwirt	François KOHLER
Ort	SELESTAT
Bodentyp	tonig-lehmig (L=40-T=30-S=30) / OS 2%
	pH = 8,1
Ausgangsgestein	Löss und Alluvionen der Vogesen gemischt

Beregnung

Wetterdaten	
nächste Wetterstation:	SELESTAT
Niederschlag (mm) mittel (mini-maximum)	?
Temperatur mittel (minimum-maximum)	?
Frosttage	?

Topographische Situation		
Ebene	Hang	
	% Neigung	Ausrichtung
ja	-	-

Versuchsdauer	
Jahr der Einrichtung	2000
Bericht/Ergebnisse verfügbar:	nein

Parzelle	Typ der Bodenbearbeitung			Kultur/ (ggf. mit Fruchtfolge)	Zwischenfrucht oder Winterbegrünung		
	Code	Eingesetzte Geräte	Zeitpunkt		Kultur	Aussaat	Abtötung (chemisch/ mechanisch)
P1	CT1	Pflug Federzahnegge (1x) Scheibensämaschine	November April April	Mais/Mais	-	-	-
P2	CT2	Spaten Federzahnegge (1x) Scheibensämaschine	November April April	Mais/Mais	-	-	-
P3	RT	Zinken-Stoppelhobel Federzahnegge (1x) Scheibensämaschine	November April April	Mais/Mais	-	-	-
P4	RT	Scheibenrollegge Federzahnegge (1x) Scheibensämaschine	November April April	Mais/Mais	-	-	-
P5	RTD CT1	Tiefgrubber Pflug Federzahnegge (1x) Scheibensämaschine	Juli November April April	Mais/Weizen	-	-	-

Zielsetzung/Fragestellung des Versuchs

Beobachtung und Messung der Wirkung verschiedener Bodenbearbeitungsgeräte auf die Ertragskomponenten bei Mais-Monokultur. Bewertet werden außerdem die Auswirkungen auf die Verunkrautung der Schläge sowie den Befall mit Helminthosporium.

Die Varianten P1, P2, P3 und P4 mit Mais-Monokultur sind 4-fach wiederholt. Die Variante P5 mit Fruchtfolge Mais-Weizen besteht aus einem einzigen Streifen.

untersuchte Parameter

Kategorie	Methoden	Art der Ergebnisse
Ertragskomponenten		
Zählung Feldaufgang (Anfang Mai)	Bonitur /Zählung	Wert Pfl./ha
Zählung Feldaufgang (Ende Mai/ Anfang Juni)	Bonitur /Zählung	Wert Pfl./ha
Auszählung der Ähren	Bonitur /Zählung	Anzahl Kolben, Ähren/ha Anzahl Reihen/Ähre, Kolben
Kornfeuchte	Messung	% TS
Ertrag (dt/ha)	Ernte und Messung	Wert in dt/ha bei 15% Feuchte..

Die wichtigsten Ergebnisse:

Der Einsatz von Geräten mit Zinken oder Scheiben bedingt eine **langsameren und ungleichmäßigeren Feldaufgang** des Mais, eine langsamere Jugendentwicklung wegen geringerer Bodenerwärmung sowie kürzere Internodien und folglich eine geringere Lageranfälligkeit bei pfluglosem Anbau.

Die Verunkrautung mit Wurzelunkräutern ist bei flacher Bearbeitung stärker: im Jahr 2004 gab es insbesondere **Ackerschachtelhalm** (wahrscheinlich Auswirkungen von Verdichtung und Feuchte).

Statistisch lassen sich zwei Gruppen unterscheiden: Die **reduzierte Bodenbearbeitung kommt auf 93-95% der Erträge** von tiefgründiger Bodenbearbeitung. Die **Verluste beim Feldaufgang** wirken sich systematisch auf den Ertrag aus (Effekt des hohen Ertragspotentials von Mais unter diesen Standortbedingungen - über 120 dt/ha - , der nicht kompensiert wird, Sorteneffekt?).

Es wurden **Verdichtungszone**n festgestellt, die evtl. auf die Beregnung zurückzuführen sind. Hier muss wohl **regelmäßig gelockert** werden.

Standort: **ENGWILLER**

Département : **67**

Jahr: **2004**

ohne Wiederholungen

Kontaktadresse:	
Name	Régis HUSS
Organisation	CA 67
Adresse	2 rue de Rome BP 30022 Schiltigheim
	67013 STRASBOURG Cedex
Tel.	03 88 19 17 11
e-mail :	r.huss@bas-rhin.chambaagri.fr

Wetterdaten	
nächste Wetterstation:	SELESTAT
Niederschlag (mm) mittel (mini-maximum)	?
Temperatur mittel (minimum-maximum)	?
Frosttage	?

bearbeitender Landwirt	Jacky HALLER
Ort	ENGWILLER
Bodentyp	toniger Lehm (25% T) verschlammend, örtl. hydromorph
Ausgangsgestein	Lehm

Topographische Situation		
Ebene	Hang	
	% Neigung	Ausrichtung
ja	-	-

Versuchsdauer	
Jahr der Einrichtung	2001
Erntejahr	2004
Bericht/Ergebnisse verfügbar:	nein

Parzelle	Typ der Bodenbearbeitung			Kultur/ (ggf. mit Fruchtfolge)	Zwischenfrucht oder Winterbegrünung		
	Code	Eingesetzte Geräte	Zeitpunkt		Kultur	Aussaat	Abtötung (chemisch/mechanisch)
P1	CT1	Pflug Kreiselegge Scheibensämaschine	Oktober Oktober Oktober	Mais/Weizen	-	-	-
P2	CT2	Scheibenegge Scheibensämaschine	Oktober Oktober	Mais/Weizen	-	-	-
P3	RT	Scheibensämaschine	Oktober	Mais/Weizen	-	-	-

Zielsetzung/Fragestellung des Versuchs

Ziel dieses Versuchs ist der Vergleich von Weizensorten (Charger, Nirwana, Apache, Soissons, Atrium und Sokrates) in Abhängigkeit von verschiedenen Bodenbearbeitungsverfahren (Pflug, reduziert und Direktsaat). Es ist vorgesehen, den Fusarienbefall sowie die Erträge zu ermitteln.

untersuchte Parameter

Kategorie	Methoden	Art der Ergebnisse
agrskomponenten		
Zählung Felddaufgang	Bonitur /Zählung	Wert Pfl./ha oder K./m ²
Zählung nach Winter	Bonitur /Zählung	Wert Pfl./ha oder K./m ²
Zählung Anzahl Ähren	Bonitur /Zählung	Wert Pfl./ha oder K./m ²
Kornfeuchte	Messung	%
Ertrag (dt/ha) b. 15% Feuchte	Ernte und Messung	Wert in dt/ha bei 15% Feuchte
Spezifisches Gewicht	Wiegung	Wert in kg/hl
Krankheits- und Unkrautdruck		
Fusariose (%)	Bonitur /Zählung	Wert in %
Mykotoxine	Laboruntersuchung	quantitatives Ergebnis

Die wichtigsten Ergebnisse:

Das **Pflügen bringt 5 - 15 dt/ha Mehrertrag** (2002 und 2004). Der Sorteneffekt erhöht die Streuung der Ergebnisse. Einige Sorten reagieren empfindlich auf die Art der Bodenbearbeitung (Wurzelentwicklung, Stickstoffverwertung, Bestockung). Eine Erklärung ist auch im Befall mit **Ährenfusariose** zur Ernte zu sehen, die bei der Bonitur von Blatt- und Ährenbefall nicht erkennbar waren (Befall ganz unten am Kornsitz an der Spindel).

Die Untersuchung der DON-Gehalte hat ergeben, dass alle Partien, **unabhängig von der Art der Bodenbearbeitung, über dem ab 2005 geltenden Grenzwert** liegen. Am geringsten war die Pflugvariante, am stärksten die flache Bearbeitung befallen. Die Direktsaat lag in 4 von 6 Fällen im Mittelfeld (am höchsten im Falle der Sorten Soissons und Atrium). Bezüglich des Mykotoxingehalts schnitt die Sorte **Apache** am besten ab; trotz einer mittleren Anfälligkeitsnote sind die Mykotoxingehalte niedrig (umgekehrt wies Soissons trotz niedrigem Fusarienbefall hohe Mykotoxingehalte auf). In jedem Fall muss eine Mindestnote für Fusarientoleranz von 5 verlangt werden. Charger hat den höchsten Anteil an mit Fusarien befallenen Ähren. Zu erwähnen ist eine Strobilurinbehandlung, die eine erhöhte Anfälligkeit der Weizensorten für Fusarien erklären kann.

Die Saat muss leicht versetzt zu den Maisreihen erfolgen, damit die Säaggregate besser arbeiten. Bei stärkeren Verdichtungen kann eine Bodenlockerung angezeigt sein. Mit einer um 20-30 kg/ha erhöhten ersten N-Gabe können (vielleicht) höhere Erträge erreicht werden. Bei **Direktsaat dürften die Weizenerträge nur im Falle von schlechter Bodenstruktur oder Wasserüberschuss beeinträchtigt werden**.

DIESE FRUCHTFOLGE MUSS AUFHÖREN / Fusariumtoleranznote 5 schließt einen Befall nach Körnermais nicht aus.

ohne Wiederholungen

Kontaktadresse:	
Name	François Alves
Organisation	CA 68
Adresse	11 rue Jean Mermoz 68127 Ste-Croix -en-plaine
Tel.	03.89.20.98.02
e-mail :	f.alves@haut-rhin.chambagri.fr

bearbeitender Landwirt	Gaec du TALMATT
Ort	KAPPELEN
Bodentyp	Lehm (L=83/a=12/s=4) / 1,28 % MO / pH = 8,3 toniger Lehm (L=68/T=27/S=3) / 2,2 % OS / pH = 8,0
Ausgangsgestein	Loess

DK312

Wetterdaten	
nächste Wetterstation:	Geispitzen
Niederschlag (mm) mittel (mini-maximum) :	?
Temperatur mittel (minimum-maximum) :	?
Frosttage	?

Topographische Situation		
Ebene	Hang	
	% Neigung	Ausrichtung
nein	4-5	Nord/Ost

Versuchsdauer	
Jahr der Einrichtung	2001
Erntejahr	2002
Bericht/Ergebnisse verfügbar:	ja

Parzelle	Typ der Bodenbearbeitung			Kultur/ (ggf. mit Fruchtfolge)	Zwischenfrucht oder Winterbegrünung		
	Code	Eingesetzte Geräte	Zeitpunkt		Kultur	Aussaat	Abtötung (chemisch/ mechanisch)
P1	CT1	Pflug Federzahnegge (1x) Scheibensämaschine	Dezember April April	Mais/Weizen/Zuckerrüben	-	-	-
P2	NT	Scheibensämaschine	Dezember April	Mais/Weizen/Zuckerrüben	Blé	Kreiselegge+Sämaschine	chemisch
P3	NT	Scheibensämaschine	April	Mais/Weizen/Zuckerrüben	-	-	-
P4	RT	Grubber Federzahnegge (1x) Federzahnegge (1x) Scheibensämaschine	Dezember April April April	Mais/Weizen/Zuckerrüben	-	-	-
P5	RT	Perrein-Pflug Kreiselegge (1x) Federzahnegge (1x) Scheibensämaschine	Dezember April April April	Mais/Weizen/Zuckerrüben	-	-	-
P6	RTD	Tiefgrubber Federzahnegge (2x) Scheibensämaschine	Dezember April April	Mais/Weizen/Zuckerrüben	-	-	-
P7	RT	Scheibenegge Federzahnegge (2x) Scheibensämaschine	April April April	Mais/Mais	-	-	-
P8	RTD	Gänfußschargrubber Scheibensämaschine	April April	Mais/Mais	-	-	-

Zielsetzung/Fragestellung des Versuchs

Ziel dieses Versuchs ist, Lösungen zu finden, wie mit pflugloser Bodenbearbeitung der Oberflächenabfluss und die Erosion bekämpft werden können, ohne dass es zu Ertragseinbußen und infolgedessen zu Einkommensverlusten für den Landwirt kommt.

Über 5 Jahre wurden verschiedene Verfahren der reduzierten Bodenbearbeitung mit Einsatz von unterschiedlichen Geräten erprobt.

untersuchte Parameter

Kategorie	Methoden	Art der Ergebnisse
Bodenstruktur Wurzelprofil Mikrokapillarität	Beobachtung Wurzelprofil Beobachtung Oberflächenzustand nach Niederschlag P ^o	qualitatives / quantifizierbares Ergebnis Beobachtung Oberflächenzustand
Oberflächenabfluss und Erosion Oberflächenzustand Oberflächenabfluss und Erosion	Beobachtungsmethode (ARAA/IMFS) hydraulische Abgrenzung von Teilflächen mit 22,5 m ²	% Mulchbedeckung, % Krusten, Mikrorelief (HSF) Abflusskoeff. (% Niederschl.), Abflussmenge (l), Erosion (t/ha)
Krankheits- und Unkrautdruck Fusariose (%) Verunkrautung	Bonitur /Zählung Bonitur /Zählung	Wert in % qualitatives Ergebnis
Composantes de rendement Zählung Feldaufgang Kornfeuchte Ertrag (dt/ha) b. 15% Feuchte TKM (g)	Bonitur /Zählung Messung Ernte und Messung Zählung und Wiegung	Wert Pfl./ha oder K./m ² % TS Wert in dt/ha bei 15% Feuchte.. Wert in g

Die wichtigsten Ergebnisse 2002:

Der Effekt reduzierter Bodenbearbeitung auf Oberflächenabfluss und Erosion ist klar: Zu Problemen kam es nur beim Pflügen.

Fehlende Frühjahrsbearbeitung oder ein nicht ausreichend feinkrümeliges Saabett führen zu Verlusten beim Feldaufgang (Gilt nicht für Direktsaat in Deckfrucht). Dies führt nicht unbedingt zu Mindererträgen, außer bei Direktsaat.

Bei flachgründiger Bearbeitung und bei Direktsaat konzentriert sich die Durchwurzelung auf die obersten Zentimeter des Bodens. Die Auswirkung auf den Ertrag ist unklar: **Bei Direktsaat kommt es zu Ertragseinbußen**, bei flachgründiger Bearbeitung nicht.

Ohne mindestens 10 cm tiefe Einmischung der Ernterückstände in dem Boden kommt es zu starker **Verunkrautung**.

Sowohl Mais in Direktsaat als auch gepflügt wurde stärker von Fusarium befallen. Die Mykotoxinuntersuchung war jedoch negativ.

Nach 5 Jahren pflugloser Bearbeitung bringen im Jahr 2002 alle reduzierten Verfahren, mit Ausnahme der Direktsaat, höhere Erträge als das Pflügen. Die Varianten Pflug und Direktsaat kommen auf Erträge zwischen 78 und 88 dt/ha, die anderen Verfahren auf 97 bis 101 dt/ha.

Die wichtigsten Ergebnisse 2003:

Der feuchte Boden beginnt bei Direktsaat in 2 cm Tiefe und beim Pflug in 5-6 cm. Die anderen Verfahren liegen dazwischen.

Trotz der vielen Maisstängel an der Bodenoberfläche wird das Saatgut korrekt abgelegt und die Saatreihen gut geschlossen, auch bei Direktsaat. Bei den Verfahren mit Lockerer und Disc'o mulch war eine Nachbearbeitung mit der Kreiselegge erforderlich, wegen zu vieler Stängel an der Oberfläche.

Trotz unterschiedlicher Profile des Bearbeitungshorizonts sind die Durchwurzelungsbilder der verschiedenen Verfahren ähnlich: Dichtere Zonen unterschiedlicher Tiefe je nach Bearbeitungstiefe der Lockerungs-/Mischungs- und Verfeinerungsgeräte. Die damit etwas gelockerten Zonen haben das Vordringen der Wurzeln nicht behindert. **Bei weißen Lehmen ist die Bodenstruktur umso besser, je später der Boden bearbeitet wurde.** Im Versuch wurde dies bei den Agrisem-Geräten festgestellt. Der Zusammenhang mit der Durchwurzelung ist nicht eindeutig.

Die Erträge sind deutlich besser bei Direktsaat und Agrisem, bei denen viele Ernterückstände an der Bodenoberfläche verbleiben (55 dt/ha gegenüber 35 dt/ha). Aber ein **Bodeneffekt** scheint diese Ergebnisse zu verwischen: Diese Varianten sind im Bereich von 'Braunem Lehm', der weniger austrocknet.

Ein Gewitter mit 55mm Niederschlag in einer Dreiviertelstunde hat die Pflugparzellen geschädigt, nicht jedoch die mit reduzierter Bodenbearbeitung.

Anschrift des Ansprechpartners	
Name	Gérard Neuhard
Einrichtung:	CA 67
Adresse :	2 rue de Rome, BP 30022 Schiltigheim - 67013 STRASBOURG cedex
Tel. :	03 88 19 17 17
e-mail:	

bearbeitender Landwirt	M. Freddy MERCKLING, Lycée agricole
Gemeinde	OBERNAI
Bodentyp	tiefgründiger kalkhaltiger toniger Lehm auf Löss
Ausgangsgestein	Loess

Wetterdaten	
Nächste Wetterstation	Entzheim
Jahresmittel Niederschlag	618 mm
Jahresmitteltemperatur (°C):	10,3°C
Anzahl Frosttage	71

Topographische Situation		
Ebene	Hügel	
	Hangneigung (%)	Ausrichtung
ja	0	

Dauer des Versuchs	
Anlagejahr	2005
Anbaujahre	2006-2014
Umfassendes Schlussdokument verfügbar	nein

Variante	Art der Bodenbearbeitung			Fruchtfolge	Einsatz von Bodenbedeckung oder Zwischenfrucht		
	code	Geräte	Monat		Art	Ansaat	Abtötung
P1	CT1	Tiefgrubber	Oktober	Mais/WWeizen/Zuckerrüben	-	-	-
		Kreiselegge (1x)	Oktober		Winterweizen	Kreiselegge+Sämasch	-
		Grubber	August		Senf Phacelia	-	-
		Pflug	Januar		-	-	-
		Federzahnegge (1x)	März		Zuckerrübe	-	-
P2	RT	Tiefgrubber	Oktober	Mais/WWeizen/Zuckerrüben	-	-	-
		Kreiselegge (1x)	Oktober		Winterweizen	Kreiselegge+Sämasch	-
		Grubber	August		Senf Phacelia	-	-
		Grubber	Januar		-	-	-
		Federzahnegge (1x)	März		Zuckerrübe	-	-
P3	NT	Tiefgrubber	Oktober	Mais/WWeizen/Zuckerrüben	-	-	-
		Kreiselegge (1x)	Oktober		Winterweizen	Kreiselegge+Sämasch	-
			August		Senf Phacelia	-	-
			März		Zuckerrübe	-	-

Ziele

Untersuchung der Machbarkeit von pfluglosen Bodenbearbeitungsverfahren. Analyse der ökonomischen (Arbeitszeit, Maschinenbesatz, Energie-aufwand) agronomischen und ökologischen Grenzen (Erträge, Humusgehalt, Struktur, Poren, biologische Aktivität und Sickerwasserqualität)

Beobachtete Parameter

Parameter	Methoden	Art der Ergebnisse
Strukturzustand Struktur und Poren	Begutachtung des Bodenprofils	Ergebnis qualitativ / quantifizierbar (% Verdichtungszonen)
Oberflächenabfluss und Erosion fehlend		
Nitratverlagerung Nitratgehalt im Bodenwasser	Saugkerzen in 110 cm Tiefe	mg/l NO ₃ ⁻ und kg N-Verlust
Unkraut- und Krankheitsdruck Krankheiten ZR Schnecken ZR	Bonitur / Schätzung Bonitur / Schätzung	
Composantes de rendement Jugendentwicklung ZR Bestandesdichte ZR Ertrag ZR Qualität ZR : Zucker, AA, K, Na	Bonitur / Zählung Bonitur / Zählung Ernte und Messung Analyse	Note Anzahl Pfl. / ha Werte in (t/ha) bei 16% Zucker Werte in %

Die wichtigsten Ergebnisse:

Die Begutachtung von Bodenprofilen in jeder der Varianten im Oktober 2005 hat erlaubt, noch vor Differenzierungen durch die die neuen Bearbeitungsverfahren, in 27-40 cm Tiefe einen quasi Strukturhorizont aus verschiedenen verschweissten, schlecht unterscheidbaren Elementen auszuweisen. Dies ist das Ergebnis des Tiefpflügens in früheren Zeiten, das nicht dem heutigen Verfahren mehr entspricht und bei dem die Furchensole regelmäßig dem Reifendruck des Schlepperrads ist. Eine Tieflockerung wurde in Anbetracht der des Durchstoßen dieses Horizonts durch die Wurzeln des Senfs nicht als nötig erachtet.

Erste differenzierte Feststellungen werden im Jahr 2006 bei Zuckerrüben erwartet.

(ohne Wiederholungen)

Kontaktadresse:	
Name	François Alves
Organisation	CA 68
Adresse	11 rue Jean Mermoz
	68127 Ste-Croix -en-plaine
Tel.	03.89.20.98.02
e-mail :	f.alves@haut-rhin.chambagri.fr

bearbeitender Landwirt	M.TISCHMACHER François
Ort	LANDSER
Bodentyp	weißer Lehm, leicht pseudovergleyt und austrocknend
Ausgangsgestein	

Wetterdaten	
nächste Wetterstation:	Landser
Niederschlag (mm) mittel (mini-maximum) :	?
Temperatur mittel (minimum-maximum) :	?
Frosttage	?

Topographische Situation		
Ebene	Hang	
	% Neigung	Ausrichtung
nein		

Versuchsdauer	
Jahr der Einrichtung	2004
Erntejahr	2004
Bericht/Ergebnisse verfügbar:	nein

Parzelle	Typ der Bodenbearbeitung			Kultur/ (ggf. mit Fruchtfolge)	Zwischenfrucht oder Winterbegrünung		
	Code	Eingesetzte Geräte	Zeitpunkt		Kultur	Aussaat	Abtötung (chemisch/mechanisch)
P1	CT1	Pflug schwere Egge (1x) Federzahnegge (1x) Scheibensämaschine	November März April April	Mais/Mais	-	-	-
P2	CT1	Pflug Federzahnegge (2x)	April April	Mais/Mais			
P3	RT	Perrein-Pflug Federzahnegge (2x)	April April	Mais/Mais	-	-	-
P4	RTD	Grubber Federzahnegge (2x)	November April	Mais/Mais	-	-	-
P5	RTD	Scheibenegge Tiefgrubber Federzahnegge (2x)	Dezember April April	Mais/Mais	-	-	-
P6	RTD	Tiefgrubber Scheibenegge Federzahnegge (2x)	Dezember Dezember April	Mais/Mais	-	-	-
P7	RT	Scheibenegge Federzahnegge (2x)	November April	Mais/Mais	-	-	-
P3	RT	Perrein-Pflug Federzahnegge (2x)	November April	Mais/Mais	-	-	-

Zielsetzung/Fragestellung des Versuchs

Ziel dieses Versuchs ist, Lösungen zu finden, wie mit pflugloser Bodenbearbeitung der Oberflächenabfluss und die Erosion bekämpft werden können. Zwei Bedingungen waren zu berücksichtigen: Die Nutzung von bereits im Betrieb vorhandener Technik sowie eine weiterhin ziemlich tiefgreifende Bodenbearbeitung (> 20 cm).

untersuchte Parameter

Kategorie	Methoden	Art der Ergebnisse
Bodenstruktur Wurzelprofil Mikrokapillarität	Beobachtung Wurzelprofil Beobachtung Oberflächenzustand nach Niederschlag P°	qualitatives / quantifizierbares Ergebnis Beobachtung Oberflächenzustand
Oberflächenabfluss und Erosion Oberflächenzustand Oberflächenabfluss und Erosion	Beobachtungsmethode (ARAA/IMFS) hydraulische Abgrenzung von Teilflächen mit 22,5 m ²	% Mulchbedeckung, % Krusten, Mikorelief (HSF) Abflusskoeff. (% Niederschl.), Abflussmenge (l), Erosion (t/ha)
Krankheits- und Unkrautdruck Fusariose (%) Mykotoxine Verunkrautung	Beobachtung /Zählung / Untersuchung Bonitur / Schätzung	Wert in % / ppm qualitatives Ergebnis
Composantes de rendement Zählung Feldaufgang Kornfeuchte Ertrag (dt/ha) b. 15% Feuchte TKM (g)	Bonitur /Zählung Messung Ernte und Messung Zählung und Wiegung	Wert Pfl./ha oder K./m ² % Wert in dt/ha bei 15% Feuchte.. Wert in g

Die wichtigsten Ergebnisse:

Bei den mit dem Pflug und dem Lockerungsgerät bearbeiteten Parzellen haben sich in den Radspuren Sedimentablagerungen verkrustet. In diesen Spuren hat sich der Oberflächenwasserabfluss konzentriert. Trotz einer Niederschlagsintensität von 24 mm/h wurde der Boden nicht mit Wasser gesättigt, so dass es zu keinem großen Oberflächenabfluss kam. Die geringen Niederschlagsintensitäten und -Mengen (94 mm von der Saat bis Mitte Juli) haben die Bodenoberflächen nicht geschädigt. Infolge der geringen Mulchmenge (auch bei pflugloser Bearbeitung) hätte es zu Oberflächenabfluss kommen können (und bei Pflug auch zu Erosion), wenn es stärker geeignet hätte (Bildung von Verschlammungskrusten).

Die Erträge scheinen stärker vom Gradienten des Tongehalts beeinflusst zu werden.

(ohne Wiederholungen)

Kontaktadresse:	
Name	Jean-marc Muller
Organisation	ARVALIS institut du végétal
Adresse	2 allée Herrlisheim
	68000 Colmar
Tel.	03.89.22.28.41
e-mail :	jm.muller@arvalisinstitutduvegetal.fr

Wetterdaten	
nächste Wetterstation:	Geispitzen
Niederschlag (mm) mittel (mini-maximum) :	974 mm
Temperatur mittel (minimum-maximum) :	/
Frosttage	/

bearbeitender Landwirt	Patrice Schneider	
Ort	Geispitzen	
Bodentyp	stL-tsL/ kalkhaltige Braunerde auf Loess	
Ausgangsgestein	Loess	

Topographische Situation		
Ebene	Hang	
	% Neigung	Ausrichtung
nein	5	Sud

Versuchsdauer	
Jahr der Einrichtung	2000
Erntejahr	2002
Bericht/Ergebnisse verfügbar:	ja

Parzelle	Typ der Bodenbearbeitung			Kultur/ (ggf. mit Fruchtfolge)	Zwischenfrucht oder Winterbegrünung		
	Code	Eingesetzte Geräte	Zeitpunkt		Kultur	Aussaart	Abtötung (chemisch/mechanisch)
P1	CT1	Pflug Federzahnegge (3x) Scheibensämaschine	Januar April April	Mais/Mais	-	-	-
P2 (begrünter Randstreifen)	CT1	Pflug Federzahnegge (3x) Scheibensämaschine	Januar April April	Mais/Mais	-	-	-
P3	RTD	Perrein-Pflug Federzahnegge (3x) Scheibensämaschine	Januar März April	Mais/Mais			

Zielsetzung/Fragestellung des Versuchs

Was können Verfahren der reduzierten Bodenbearbeitung zur Reduzierung von Oberflächenabfluss und Abschwemmung von Pflanzenschutzmitteln beitragen?

untersuchte Parameter

Kategorie	Methoden	Art der Ergebnisse
Bodenstruktur Mikrokapillarität	Beobachtung	Beobachtung
Oberflächenabfluss Menge Wirkstoffkonzentration Wirkstofffluss	Messung Messung Messung (Alachlor, Bromoxynil, Prosulfuron, Atrazin und DEA-DIA)	Wert mm (l/m ²) Wert µg/l Aktivsubstanz Wert mg/ha

Die wichtigsten Ergebnisse:

Zwischen dem 02. Mai und dem 10. November wurden 12 Ereignisse mit Oberflächenabfluss festgestellt. Auf allen drei Parzellen ist die Abflussmenge gering (< 5mm bei 156 mm Niederschlag). Die beiden Ereignisse nach Mitte Oktober (20 und 35 mm) haben zu 75% zum Oberflächenabfluss beigetragen, weil der Boden wassergesättigt war (was bei pflugloser Bearbeitung allerdings länger dauert). Die **pflug-losen Verfahren haben den Oberflächenabfluss schließlich um 55% reduziert** (der Effekt der Erntesterne zur Bodenbedeckung ist da, obwohl sie nicht so zahlreich sind), der Begrünungsstreifen von 12m nur um 22%. Auch das lässt sich wieder mit der geringen Speicherung im Boden infolge von Wassersättigung aufgrund früherer Niederschläge, auch im Begrünungsstreifen, erklären. Im Winter haben die Stoppelbearbeitung und das Pflügen dem Wasser ermöglicht, zu infiltrieren, was die Bildung von Oberflächenabfluss verhindert hat.

Die Spitzen der Wirkstoffkonzentrationen gewisser Wirkstoffe traten einen Monat nach deren Ausbringung auf. Im Herbst wurde trotz starker Niederschläge kein Wirkstoff entdeckt. Bei Oberflächenabflussereignissen finden sich signifikante Konzentrationen von herbiziden Wirkstoffen direkt nach der Applikation und in den zwei Monaten danach. Ab Juli enthält der Oberflächenabfluss keine Wirkstoffe mehr.

Der Anteil der vom Oberflächenabfluss mitgeführten Wirkstoffe ist gering: 0,008% der Ausbringungsmenge in der gepflügten Kontrolle und 0,001% bei pflugloser Bodenbearbeitung. **Die pfluglosen Verfahren vermindern also die Verlagerung durch Reduzierung des Oberflächenabflusses im kritischsten Zeitraum.**

Pfluglose Verfahren der Bodenbearbeitung haben einen Wirkungsgrad von 80% bezüglich der Reduzierung des Pflanzenschutzmittelaustrags mit dem Oberflächenabfluss (50% beim begrünenden Randstreifen). Sie sind anfälliger für die Verlagerung von in der flüssigen Phase des Oberflächenabflusses enthaltenen Mitteln.

Auf pfluglos bestellten Böden sollten im Herbst keine Pflanzenschutzmittel ausgebracht werden müssen, weil es da zu mehr Oberflächenabfluss kommt.

ANHANG 3: Das Direktsaat-ABC auf der Webseite www.no-till.ch

Erstellung und Überprüfung einer regionalen Datensammlung zur reduzierten Bodenbearbeitung (Alternativen zum Pflug): Direktsaat ABC – Tipps zu Direktsaat von Praktikern für Praktiker

Projektleitung: Dr. Bernhard Streit (Agroscope Reckenholz-Tänikon)

Projektpartner: Dr. Wolfgang G. Sturny und Peter Hofer (Bodenschutzfachstelle Zollikofen)
Regula Schwarz und Martin Häberli (Schweizerische Gesellschaft für bodenschonende Landwirtschaft)
Werner Mahrer (Landwirtschaftliches Zentrum Ebenrain)

Startseite der Internet-basierten Datenbank von www.no-till.ch/direktsaat:

Dieser Leitfaden zu Direktsaat ist ein Partnerprojekt von:



[ITADA](#)



[Agroscope FAL Reckenholz](#)



[SWISS NO-TILL](#)



[Fachstelle Boden- und Pflanzenschutz des Kantons Bern](#)

Benutzerhinweise:

- Dieser Beratungs-Leitfaden ist in alphabetisch geordnete Stichwörter aufgeteilt.
- Die Stichwörter sind in einem Stichwortverzeichnis zusammengefasst.
- Die Stichwörter können direkt über das Stichwortverzeichnis angewählt werden.
- Das Direktsaat ABC befindet sich im Aufbau.
- Weitere Infos zum Projekt sind in den Hintergrundinfos beschrieben.



last update 16.04.06 / rs



Ce projet est cofinancé par l'Union Européenne
Dieses Projekt wird von der Europäischen Union kofinanziert
(Programme INTERREG - Fonds européen de développement régional)
(INTERREG-Programm - Europäischer Fonds für regionale Entwicklung)