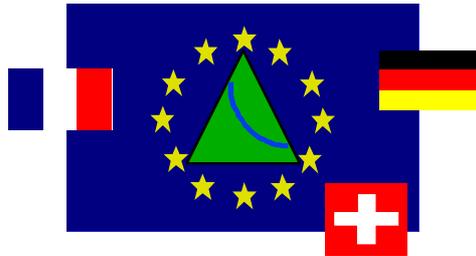


ITADA

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



Endbericht Projekt 01

2006

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

Kompaktfassung

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 Landbewirtschaftung

**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 Landbewirtschaftung (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-Sämann
- (CH): Agroscope Reckenholz-Tänikon (ART) (ex FAL), Zürich
Dr. Bernhard Streit



Inhaltsverzeichnis:

Vorwort	3
ZUSAMMENFASSUNG	8
1 Einführung in pfluglose Bodenbearbeitung	13
1.1 Was ist pfluglose Bodenbearbeitung?	13
1.1.1 Mechanische Aspekte	15
1.1.2 Auswirkungen auf die Bodenmerkmale	15
1.1.3 Das System Boden und seine Reaktion bei Veränderung der Bodenbearbeitung	16
2 Warum sind die pfluglosen Anbautechniken interessant?	18
2.1 Öffentliches Interesse an der Erosionsproblematik auf landwirtschaftlichen Flächen ..	18
2.2 Neue Herausforderungen für die Landwirte	19
2.2.1 Der technische Zusammenhang: Die Einführung pflugloser Anbauverfahren	19
2.2.2 Der wirtschaftliche Zusammenhang: Gemeinsame Agrarpolitik und Globalisierung	19
3 Regionale Datensammlung zu reduzierter Bodenbearbeitung	20
3.1 Was ist eine Datensammlung?	20
3.2 Gründe für eine regionale Datensammlung	20
3.3 Vorgehen und Methodik	21
3.3.1 Literaturlauswertung	22
3.3.2 Zusammenstellung bestehender Versuche	22
3.3.3 Befragungen von Experten und Landwirten	22
3.3.4 Befragung zur Praxis der pfluglos arbeitenden Landwirte	23
3.3.5 Agrar-ökologische Bewertung pflugloser Bodenbearbeitungsverfahren.....	23
3.3.6 Schweizer Direktsaat ABC	24
4 20 Fragen und Antworten zu pflugloser Bodenbearbeitung	26
4.1 HANDREICHUNG FÜR POLITISCHE ENTSCHEIDUNGSTRÄGER.....	27
4.2 HANDREICHUNG FÜR BERATER UND LANDWIRTE	37
Ausblick: Wie geht es weiter mit der pfluglosen Bodenbearbeitung?	50

ANHANG (separates Dokument)

- Anhang 1 geschlossene Expertenbefragung
Anhang 2 offene Praktikerbefragung (Erhebungen auf Betrieben)
Anhang 2b Kommentierte, beispielhafte Anbausysteme aus der regionalen
Praxis
Anhang 3 Ergebnis der Arbeiten mit INDIGO
Anhang 4 Ergebnisse regionaler Feldversuche
Anhang 5 Bibliografie
Anhang 6 Schweizer Direktsaat ABC
Anhang 7 Literaturverzeichnis

Verzeichnis der Abbildungen:

- Abbildung 1: Klassifizierung der Typen der Bodenbearbeitung: was ändert sich
und was wird damit bezweckt?..... 14
Abbildung 2: Wechselwirkungen von Abläufen im Boden bei der Pflanzen-
produktion, die Einfluss auf die Wahl der Bodenbearbeitung
haben. 17
Abbildung 3: Projektschema 21
Abbildung 4: Aspekte der pfluglosen Bodenbearbeitung zur Berücksichtigung in
der Datensammlung 25

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. Trotz zahlreicher wissenschaftlicher Versuchsergebnisse, die die positiven Auswirkungen auf das Ökosystem Boden und gleichzeitig auf das Betriebseinkommen belegen, hat vor allem die Direktsaat in Europa derzeit nur eine geringe Verbreitung.

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 vor-

geschrieben 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 Bodenreuebildung 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 Haupthemmnisse 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 außer-

dem 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 Fehl-

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.

schläge 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.

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 Literaturoswertung 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 INDI-GO®-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.

1 Einführung in pfluglose Bodenbearbeitung

1.1 Was ist pfluglose Bodenbearbeitung?

Die Bezeichnung 'pfluglose Bodenbearbeitungsverfahren' steht für ein sehr breites Spektrum an Verfahren. Diese 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 Schälplflug 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.

- Sonderfall Reihenfrässaat zu Mais

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.

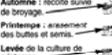
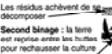
Bodenbearbeitungsverfahren	Ernterückstände			Art der Werkzeuge	Ablauf der Bodenbearbeitung	Konventionelle Bodenbearbeitung Conventional tillage	Vereinfachte Anbauverfahren Conservation tillage	Bodenprofil auf Bearbeitungstiefe im Ergebnis	Definition
	Tiefe der Bearbeitung	Zustand	% in 0-5 cm						
tiefgründig	wendend und mischend	20-30 cm	eingearbeitet	0	Spatenpflug	 Pflug + Saatbettbereitung (gezogenes oder Zapfwellen-Gerät) + Sämaschine		 avec mélange homogène (bâchage)	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				
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	Direktsaatwerkzeuge	Scheibensämaschine 		Direktsaat (No Till) : Nur die Saatreihe wird mechanisch bearbeitet.	

Abbildung 1: 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)

1.1.1 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.

1.1.2 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 Schmier-schicht (Traktorspuren, ehemalige Pflugsohle oder Schälplflugsohle) 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 re-

duziert 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 Mulchschicht 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.

1.1.3 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, Düngung, Pflanzenschutz, Zwischenfruchtmanagement) müssen an den neuen landwirtschaftlichen Produktionsprozess angepasst werden.

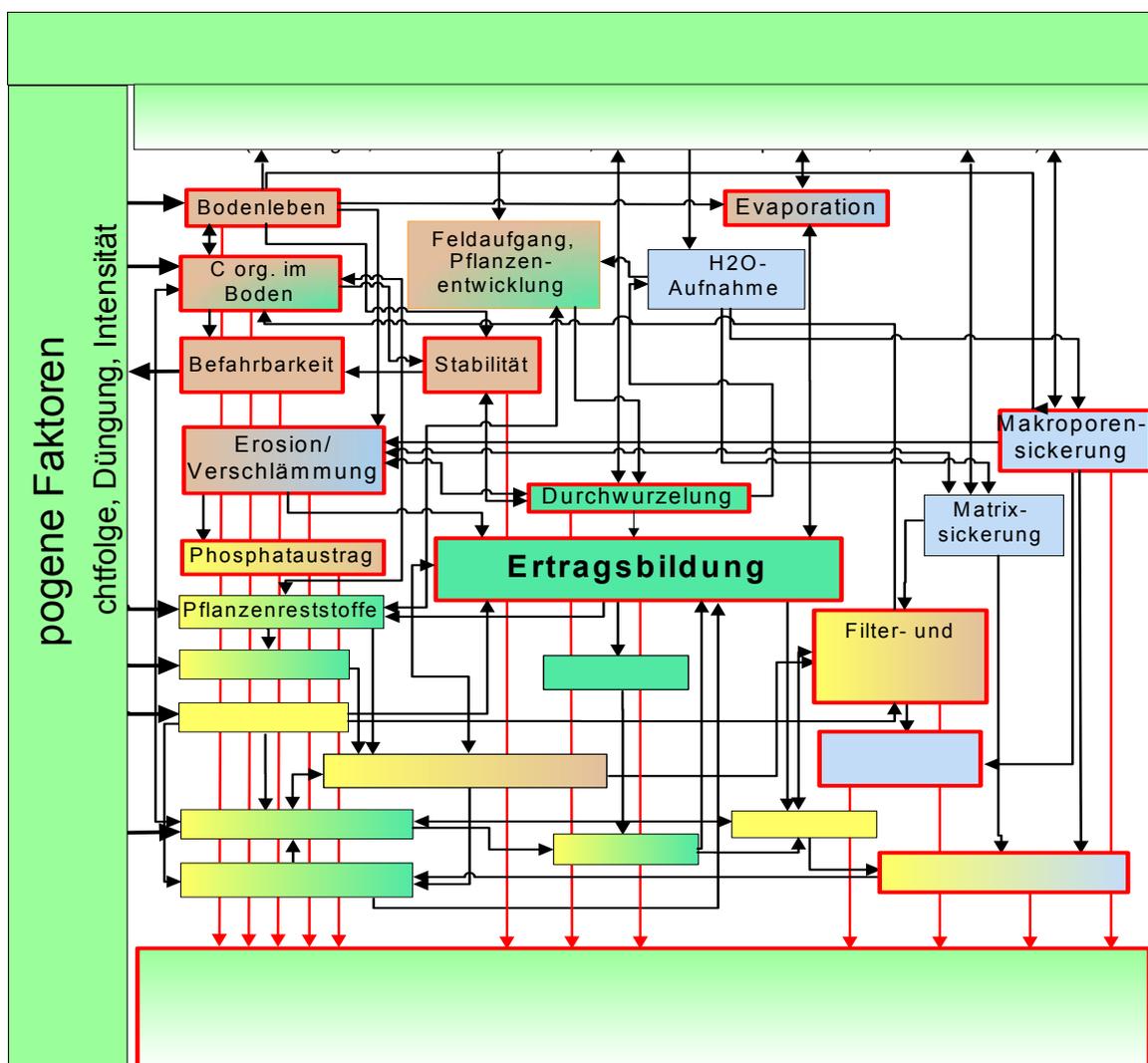


Abbildung 2: Wechselwirkungen von Abläufen im Boden bei der Pflanzenproduktion, die Einfluss auf die Wahl der Bodenbearbeitung haben.

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

2 Warum sind die pfluglosen Anbautechniken 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.

2.1 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.

2.2 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.

2.2.1 Der technische Zusammenhang: Die Einführung pflugloser Anbauverfahren

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.

2.2.2 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. Die Kombination dieser 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.

3 Regionale Datensammlung zu reduzierter 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.

3.1 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 (siehe nachfolgende Abbildung).

3.2 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 Ände-

rungen 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.

3.3 Vorgehen und Methodik

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.

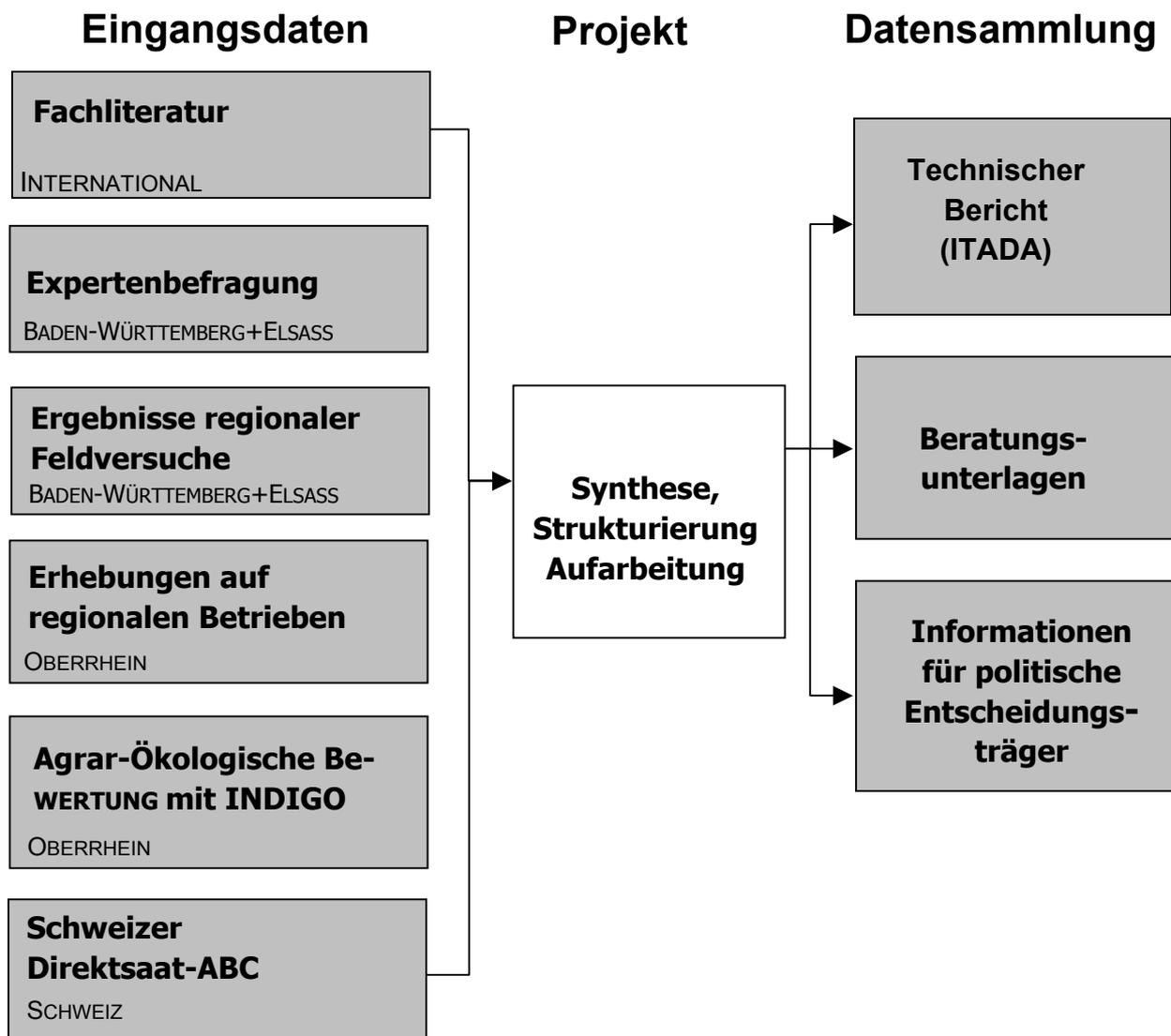


Abbildung 3: Projektschema

3.3.1 Literaturlauswertung

Im Rahmen einer Literaturstudie 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 (Anhang 5).

3.3.2 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 wurden². In einer gemeinsamen Auswertung werden die wichtigsten Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen dieser Versuche für die Möglichkeiten pflugloser Bodenbearbeitung am Oberrhein gezogen (Anhang 4).

3.3.3 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 Literaturauswertung 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 Officialberatung, Berater und Vertreter von Handel und Genossenschaften sowie weitere Personen mit Tätigkeiten auf den Gebieten Technik, Handel und Verwaltung in der Landwirtschaft (Anhang1).

² 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.

3.3.4 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 Standorteinheiten 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-Abschlussarbeit³ (Anhang 2).

3.3.5 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 flossen in die gemeinsame agrar-ökologische Schlussbetrachtung ein (Anhang 3).

² 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

3.3.6 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 (Anhang 6).

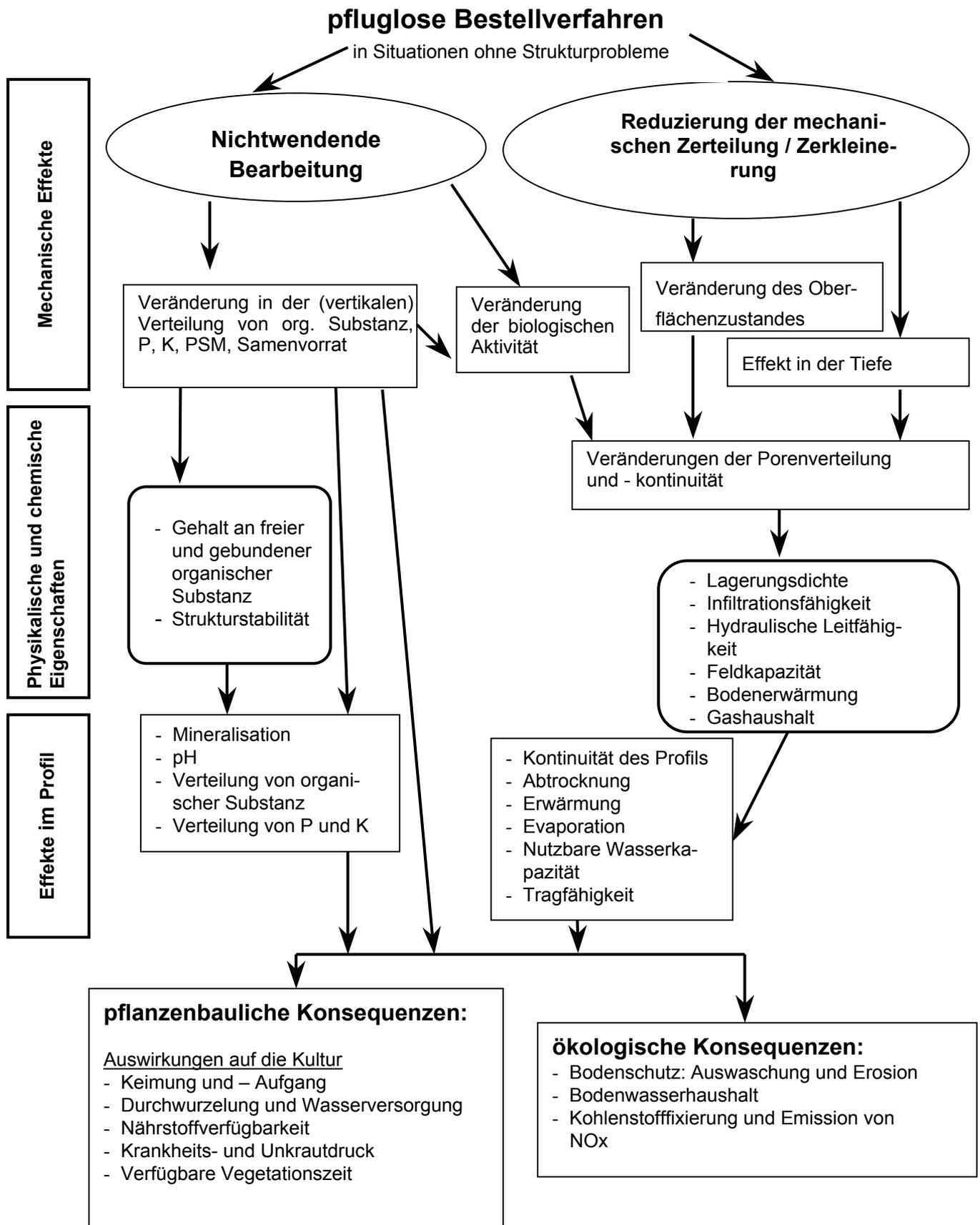


Abbildung 4: Aspekte der pfluglosen Bodenbearbeitung zur Berücksichtigung in der Datensammlung

4 20 Fragen und Antworten zu pflugloser Bodenbearbeitung

Handreichungen für Entscheidungsträger und für Beratern 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. Im vorliegenden Dokument werden die zwei Synthesen nacheinander vorgestellt. Da einige Fragen in beiden Dokumenten gleichlautend beantwortet werden, erscheint es sinnvoll, wenn jeder Empfänger nur eine von diesen Handreichungen erhält, je nach seiner Zugehörigkeit zur einen oder zur anderen Zielgruppe:

- Handreichung für Entscheidungsträger:
 - Beschreibung zum Vorgehen des Projekts,
 - die spezifische Synthese (Teil 4.1 dieses Dokumentes).

- Handreichung für Praktiker und Berater:
 - Beschreibung zum Vorgehen des Projekts,
 - die spezifische Synthese (Teil 4.2 dieses Dokumentes),
 - die vollständigen Anhänge, die die Ergebnisse der durchgeführten Arbeiten im einzelnen beschreiben.

4.1 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 Mulchsaatverfahren, 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 Bodenbe-

arbeitung 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 Nitratauswaschung 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 Stroh 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 soll-

te 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

4.2 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 entschließe? 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 Po-

renkontinuität 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 Vorfruchtrückstände 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, eben 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 Monomais 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 einer 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 restliche Boden. Neben einer mechanischen Lockerung zur Umstellung auf pfluglosen Anbau kann auch die Möglichkeit einer Lockung 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 Winteraps 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 Fruchtfolgeglieder (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 Rispe, Trespe) und mehrjähriger Wurzelunkräuter (Quecke, Distel). Die regionalen Erhebungen zeigen allerdings, dass das Problem der

mehrwährigen 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 Pflanzenschutz Aufwand 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 Stroh häckseln 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, wengleich 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 Stroh mengen 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 Nitratauswaschung 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 Verschlämmung 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 soll-

te 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.

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 risikofreien 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 ihre 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.