



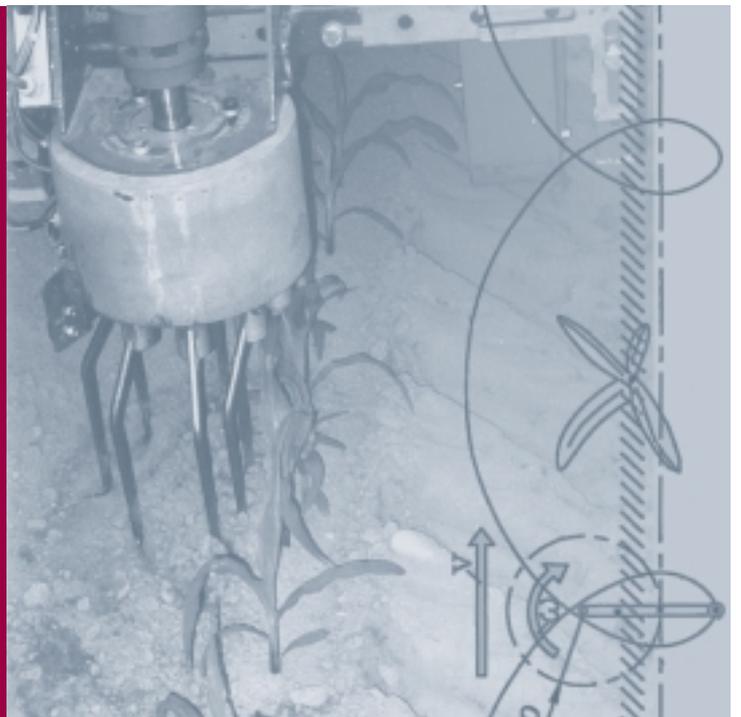
BÜRO FÜR TECHNIKFOLGEN-ABSCHÄTZUNG
BEIM DEUTSCHEN BUNDESTAG

Marc Dusseldorp
Christine Rösch

STAND UND PERSPEKTIVEN DES EINSATZES VON MODERNER AGRARTECHNIK IM ÖKOLOGISCHEN LANDBAU

Dezember 2004

Hintergrundpapier Nr. 12





Das Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB) berät das Parlament und seine Ausschüsse in Fragen des technischen und gesellschaftlichen Wandels. Das TAB ist eine organisatorische Einheit des Instituts für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) des Forschungszentrums Karlsruhe in der Helmholtz-Gemeinschaft. Das TAB arbeitet seit 1990 auf der Grundlage eines Vertrages zwischen dem Forschungszentrum Karlsruhe und dem Deutschen Bundestag und kooperiert zur Erfüllung seiner Aufgaben seit 2003 mit dem FhG-Institut für System- und Innovationsforschung, Karlsruhe.



INHALT

ZUSAMMENFASSUNG	3
<hr/>	
I. EINLEITUNG	7
<hr/>	
II. ÖKOLOGISCHER LANDBAU IN DEUTSCHLAND	9
1. Prinzipien und Rahmenbedingungen	9
2. Produktionsverfahren	16
3. Betriebsstrukturen und Faktorausstattung	22
4. Wirtschaftliche Kenngrößen	26
5. Forschung und Entwicklung im Bereich Agrartechnik	29
<hr/>	
III. AGRARTECHNIK IM ÖKOLOGISCHEN LANDBAU	33
1. Traktoren und Transportfahrzeuge	34
2. Saatgutbehandlung	34
3. Bodenbearbeitung	36
4. Bestellung	36
5. Düngung	37
6. Unkrautregulierung	38
7. Ernte	42
8. Spezialtechniken	43
<hr/>	
IV. BEDARF AN AGRARTECHNIK ZUR PROBLEMBEWÄLTIGUNG IM ÖKOLOGISCHEN LANDBAU	45
1. Problembereiche in der Produktionstechnik	45
1.1 Saatgutbehandlung	45
1.2 Bodenbearbeitung	46
1.3 Bestellung	47



INHALT

1.4	Düngung	48
1.5	Unkrautregulierung	48
1.6	Pflanzenschutz	49
1.7	Ernte	50
2.	Kulturspezifische Schwachstellen	52
<hr/>		
V.	ANFORDERUNGEN DES ÖKOLOGISCHEN LANDBAUS AN DIE TECHNIKENTWICKLUNG	55
1.	Ökologische Aspekte	55
2.	Wirtschaftliche Aspekte	59
3.	Qualitätssicherung und Verbraucherschutz	60
<hr/>		
VI.	PRECISION AGRICULTURE IM ÖKOLOGISCHEN LANDBAU	63
1.	Terminologie	63
2.	Gemeinsamkeiten und Zielwidersprüche	64
3.	Perspektiven der Anwendung von PA	65
3.1	Überblick	65
3.2	Konkrete Einsatzmöglichkeiten	68
<hr/>		
	LITERATUR	73
1.	In Auftrag gegebene Gutachten	73
2.	Weitere Literatur	73
<hr/>		
	ANHANG	79
1.	Tabellenverzeichnis	79
2.	Abbildungsverzeichnis	79



ZUSAMMENFASSUNG

Der ökologische Landbau hat in den vergangenen Jahren an Bedeutung gewonnen. Seit 1990 hat sich die ökologisch bewirtschaftete Fläche in Deutschland auf über 730.000 ha im Jahr 2003 verachtfacht, das entspricht 4,3 % der gesamten landwirtschaftlich genutzten Fläche. Diese Entwicklung wurde begünstigt durch verschiedene agrarpolitische Fördermaßnahmen, etwa das Bundesprogramm Ökologischer Landbau und die EU-Öko-Verordnung. Im Jahr 2002 wurden in Deutschland rund 3 Mrd. Euro mit Ökoprodukten umgesetzt. Für die kommenden Jahre ist insgesamt mit einem weiteren Wachstum der Anbaufläche und des Marktes für Ökoprodukte zu rechnen. Die Bundesregierung hat sich zum Ziel gesetzt, den Flächenanteil des Ökolandbaus bis 2010 auf 20 % zu steigern, da dieser dem Leitbild einer nachhaltigen Landwirtschaft am nächsten kommt.

Der ökologische Landbau unterscheidet sich von der konventionellen Landwirtschaft in der Betrachtungsweise des landwirtschaftlichen Produktionssystems und daraus resultierend in spezifischen Produktionsverfahren. So befasst er sich mit der Steuerung des gesamten Anbausystems, während die konventionelle Landwirtschaft stark auf die zu erzeugenden Produkte fokussiert ist. Auf den Einsatz von synthetischen Pflanzenschutzmitteln und Mineraldünger wird verzichtet. Stattdessen setzt der Ökolandbau auf natürliche Kreisläufe und Funktionsprinzipien, weshalb insbesondere der optimalen Gestaltung der Fruchtfolge sowie der Sortenwahl eine zentrale Rolle zukommen.

Diese Besonderheiten bei den Produktionsverfahren wirken sich auch auf den Einsatz von Agrartechnik im ökologischen Landbau aus. Dieser kommt vor allem die Aufgabe zu, die natürlichen Prozesse zu unterstützen bzw. zu regulieren. Teilweise ist der Einsatz von konventioneller Landtechnik wegen andersartiger Produktionsverfahren nicht möglich, zum Teil ist die Schwerpunktsetzung beim Technikeinsatz unterschiedlich. Schließlich kommen im Ökolandbau auch Spezialtechniken zum Einsatz. Unterschiede im Vergleich zur konventionellen Landwirtschaft bestehen insbesondere in den Bereichen Unkrautregulierung, Pflanzenschutz, Saatgutbehandlung und bei der Ausbringung von Festmist. In anderen Bereichen hingegen entspricht die im Ökolandbau eingesetzte Agrartechnik weitestgehend derjenigen aus der konventionellen Landwirtschaft, v.a. in den Bereichen Erntetechnik, Transportfahrzeuge und Saatbettbereitung.

In einigen Problembereichen der Ökoproduktion könnte die Agrartechnik künftig einen Lösungsbeitrag leisten. Bei der Bodenbearbeitung beispielsweise können die derzeit verfügbaren Maschinen, Geräte und Verfahren das Dilemma bei der Ent-



scheidung zwischen einer wendenden Bodenbearbeitung (zur Unkrautbekämpfung und Nährstofffreisetzung) auf der einen und einer nicht wendenden Bodenbearbeitung mit Erhalt der Bodenstruktur (u.a. zum Erosionsschutz) auf der anderen Seite nicht befriedigend lösen. Bei der Saatgutbehandlung fehlen leistungsfähige alternative Verfahren zur chemischen Saatgutbeizung, die in der konventionellen Landwirtschaft üblich ist. Auch fehlen bislang Verfahren zur mechanischen oder thermischen Unkrautregulierung, die den Ansprüchen v.a. an eine gute Regulierungswirkung zwischen und in den Reihen, an den Bodenschutz und an einen geringen Energiebedarf gerecht werden. Im Bereich der Erntetechnik wären weiterentwickelte Geräte zur Grundfutterwerbung sowie Vorrichtungen zur Ernte von Mischkulturen und zum Ausschleusen von Unkrautsamen beim Mähdrusch wünschenswert.

Bei der Technikentwicklung für den Ökolandbau ist zu berücksichtigen, dass dieser spezifische Anforderungen an entsprechende Lösungen stellt. Insbesondere entspricht es dem Selbstverständnis des ökologischen Landbaus, schädliche Umweltwirkungen der eigenen Wirtschaftsweise möglichst zu vermeiden. Dazu zählen die Vermeidung von Bodenverdichtungen und -erosion, der sparsame Einsatz von fossilen Kraft- und Brennstoffen und die Nutzung regenerativer Energieträger. Auch soll die Freisetzung klimarelevanter Gase bei der Lagerung und Ausbringung von Wirtschaftsdünger, insbesondere von Methan und Lachgas, minimiert werden. Zudem werden künftig auch die Ansprüche an die Wirtschaftlichkeit von Ökobetrieben weiter steigen. Die Agrartechnik soll hier vor allem die hohe Arbeitsbelastung der Ökolandwirte verringern und ihre Produktionskosten senken. Schließlich sollten die Landwirte im Bereich Qualitätssicherung und Verbraucherschutz bei der Erfüllung ihrer Dokumentationsverpflichtungen entlastet werden.

Für einige der genannten Problembereiche existieren bereits Lösungsansätze von agrartechnischer Seite, in anderen Bereichen ist noch viel Entwicklungsarbeit erforderlich. Bei der Bodenbearbeitung kann der bodenschonende Zweischichtenpflug eingesetzt werden; für die großen Betriebe Nordostdeutschlands steht dieser bislang jedoch nicht in ausreichender Arbeitsbreite zur Verfügung. Zur Saatgutbehandlung gibt es seit kurzem ein innovatives Verfahren zur elektronischen Beizung, über dessen Zulassung von Seiten der Ökolandbau-Verbände allerdings noch diskutiert wird. Im Bereich der Unkrautregulierung wurden verschiedene Geräte entwickelt, z.B. die sensorgesteuerte Querhacke und die Weihenstephaner Trennhacke. Diese werden bislang wegen zu hoher Kosten und zu geringer Leistungsfähigkeit nicht kommerziell produziert. Neuere Entwicklungen in der Futtererntetechnik kommen aus der Schweiz, wo ein Doppelmesser-Mähwerk mit einem Walzenaufbereiter kombiniert wurde, was v.a. zu geringeren Bröckelverlusten führt.

Precision Agriculture (PA) basiert auf einer Kombination von Geoinformationssystemen, globalen Positionierungssystemen und Sensortechnik. Von PA-Anwendun-



gen werden in der konventionellen Landwirtschaft nennenswerte Beiträge zur Reduzierung der Umweltbelastung und zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit erwartet. Bestimmte PA-Verfahren könnten auch dazu beitragen, die ökologischen und ökonomischen Anforderungen im Ökolandbau zu erfüllen. Von Interesse sind dabei insbesondere Verfahren zur teilflächenspezifischen Ausbringung von Saatgut, Wirtschaftsdüngern und Pflanzenschutzmitteln (z.B. Kupferpräparate), die allerdings häufig noch einer Weiterentwicklung bedürfen. Dadurch könnten der Einsatz von teuren bzw. knappen Betriebsmitteln und mögliche Umweltbelastungen reduziert werden.

Im Bereich der mechanischen Unkrautregulierung kann die sensorgesteuerte Querhacke als PA-Anwendung gelten. Eine teilflächenspezifische mechanische Unkrautregulierung scheint nur bedingt sinnvoll, weil damit auch unerwünschte Wirkungen im Agrarökosystem einhergehen, v.a. durch die dadurch bedingte Freisetzung von Nährstoffen. Hingegen wäre bei der thermischen Unkrautregulierung eine differenzierte Behandlung wünschenswert. Verschiedene Verfahren der automatischen Datenerfassung könnten sich in den Bereichen Standort- und Ertragskartierung, Dokumentation und Qualitätsmanagement als äußerst nützlich erweisen. Beim Pflanzenschutz wäre die Früherkennung von Krankheiten mittels PA geeignet, die Bekämpfungserfolge zu verbessern, z.B. beim Befall von Kartoffeln mit Kraut- und Knollenfäule. Die im Ökolandbau problematische Erzeugung von Qualitätsweizen mit hohem Proteingehalt könnte durch teilflächenspezifische Ernteverfahren ermöglicht werden.

Ob sich Neuentwicklungen aus dem Bereich der Agrartechnik im ökologischen Landbau etablieren werden, bleibt noch abzuwarten. Bislang wurden diese häufig nicht bis zur Serienreife gebracht. Grund hierfür sind die hohen Kosten einer Markteinführung und die relativ geringen Stückzahlen, die bei einer spezifischen Anwendung im Ökolandbau zu erwarten sind. Sofern es sich um Maschinen und Geräte für die konventionelle Landwirtschaft handelt, die auch für den Ökolandbau geeignet sind, ist die Situation für eine Markteinführung hingegen günstiger. In diesem Zusammenhang ist auch von Interesse, dass die Tendenz zu einer zunehmend umweltfreundlichen Produktion in der konventionellen Landwirtschaft vermehrt zu interessanten Anwendungen für den Ökolandbau führt. Dies betrifft insbesondere auch eine mögliche Anwendung von PA-Verfahren im ökologischen Landbau. Maschinenringe und Lohnunternehmer stellen eine weitere Möglichkeit dar, teure Neuentwicklungen auch für den ökologischen Landbau verfügbar zu machen.





EINLEITUNG

I.

Einem Vorschlag des Ausschusses für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft folgend, wurde im Herbst 2003 ein TA-Projekt über Stand und Perspektiven des Einsatzes moderner Techniken und Produktionsmethoden in der Landwirtschaft begonnen. Im Mittelpunkt des Interesses steht dabei die Frage, welche Beiträge moderne Produktionsmethoden für eine nachhaltige Landbewirtschaftung in Deutschland leisten können. Aufgrund der Breite dieses Themenfeldes fokussierte das Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB) die Fragestellung auf den Einsatz von modernen Produktionstechniken und -methoden im Pflanzenbau.

Die Technikentwicklung im integrierten Pflanzenbau war in den letzten Jahren geprägt von Bemühungen, Leistung, Komfort und Umweltverträglichkeit der eingesetzten Maschinen zu verbessern und gleichzeitig den Einsatz von Produktionsmitteln dem tatsächlichen Bedarf anzupassen bzw. zu verringern. Dieses Ziel soll u.a. durch den Einsatz intelligenter Steuerungssysteme erreicht werden, die auf der Basis vorhandener und/oder während der Bearbeitung erfasster Daten über Pflanzen, Boden und Klima sowie von expertenbasierten Wissenssystemen und Entscheidungsmodellen agieren. Diese für die Landwirtschaft innovative technische Entwicklung – nachfolgend mit dem Begriff *Precision Agriculture* (PA) bezeichnet – bildet einen Schwerpunkt des TA-Projektes »Moderne Agrartechniken und Produktionsmethoden – ökonomische und ökologische Potenziale«.

Von der PA-Technologie wird erwartet, dass sie mittels Effizienzsteigerungen einen Beitrag zu einer nachhaltigeren Landbewirtschaftung leisten kann. Andererseits ist das agrarpolitische Leitbild einer nachhaltigen Landbewirtschaftung der Bundesregierung der ökologische Landbau, dessen Anteil an der landwirtschaftlich genutzten Fläche bis zum Jahr 2010 auf 20 % gesteigert werden soll. Vor diesem Hintergrund wurde im Rahmen des TA-Projektes ein Gutachten zum Thema »Technologiebedarf und Technikentwicklung im ökologischen Landbau« vergeben. Das Gutachten wurde von Prof. Dr. Jürgen Hahn, PD Dr. Heide Hoffmann sowie Dr. Jörg Borgmann, Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin, verfasst. Daneben wurde die Stiftung Ökologie & Landbau (SÖL) beauftragt, Tiefeninterviews mit landwirtschaftlichen Beratern zu Technologiebedarf und Technikentwicklung im ökologischen Landbau durchzuführen (Dr. Uli Zerger sowie Dipl.-Ing. agr. Matthias Zehr). Die beiden Gutachten bilden die Basis für das vorliegende TAB-Diskussionspapier; einige der Literaturverweise aus den beiden Studien wurden übernommen. Den Gutachtern sei für ihre Arbeit und ihre Kooperationsbereitschaft herzlich gedankt, ebenso wie Frau Ulrike Goelsdorf für die Bild-



I. EINLEITUNG

und Textgestaltung und den Mitarbeitern aus dem Projekt »Querhacke« der FH Osnabrück für die Überlassung der Cover-Illustration. In den nachfolgenden Ausführungen werden

- › ein Überblick über den ökologischen Landbau in Deutschland gegeben,
- › der Stand des Einsatzes von Agrartechnik im ökologischen Pflanzenbau dargestellt,
- › der Bedarf an moderner Agrartechnik zur Bewältigung von Problemen in der Produktionstechnik und zur Behebung kulturspezifischer Schwachstellen des ökologischen Landbaus aufgezeigt,
- › Ansätze für die zukünftige Technikentwicklung für den ökologischen Landbau beschrieben und
- › Stand und Perspektiven des Einsatzes von ausgewählten, pflanzenbaulichen Technologien dargestellt, die Elemente von Precision Agriculture aufweisen.



ÖKOLOGISCHER LANDBAU IN DEUTSCHLAND

II.

PRINZIPIEN UND RAHMENBEDINGUNGEN

1.

Unter dem Begriff *ökologischer Landbau* werden verschiedene Systeme zur alternativen Landbewirtschaftung zusammengefasst. Ihre Entstehung reicht bis in die Zeit zwischen den beiden Weltkriegen zurück, als gesellschaftliche und wissenschaftliche Entwicklungen den entsprechenden Entstehungskontext bildeten.¹ Nach Vogt (2000, S. 16 f.) können im deutschsprachigen Raum in den vergangenen Jahrzehnten fünf verschiedene ökologische Landbausysteme unterschieden werden.² Zwei dieser Anbausysteme, die *biologisch-dynamische Wirtschaftsweise* des *Demeter*-Verbandes sowie der *ökologische Landbau der organisch-biologischen Anbauverbände*, sind daraus nach vielfältiger gegenseitiger Beeinflussung bis heute hervorgegangen. Die Bezeichnungen biologischer oder organischer Landbau werden als Überbegriff häufig synonym für ökologischen Landbau gebraucht, haben sich in Deutschland aber nicht durchsetzen können.³ Im Folgenden werden daher lediglich die Bezeichnungen *ökologischer Landbau* sowie davon abgeleitete Bezeichnungen – *Ökolandbau*, *Ökoprodukte* u.a. – verwendet.

Eine einheitliche, weltweit anerkannte Definition des ökologischen Landbaus existiert derzeit nicht. Allerdings enthalten die zahlreichen Richtlinien der ökologischen Landbauverbände und -organisationen im Wesentlichen übereinstimmende Vorschriften zu Produktion, Verarbeitung und Vermarktung von Ökoprodukten. Die so genannten Basis-Richtlinien des weltweiten Dachverbands der ökologischen Landbauverbände (*International Federation of Organic Agriculture Movements*,

-
- 1 Dazu zählen die Lebensreform- und Siedlungsbewegung der Weimarer Republik, der auf dem anthroposophischen Naturbild beruhende »Landwirtschaftliche Kurs« Rudolf Steiners, die landwirtschaftlichen Krisen der Zwischenkriegszeit sowie neue naturwissenschaftliche Erkenntnisse insbesondere über die Bodenfruchtbarkeit (Vogt 2000, S. 24).
 - 2 Die Abgrenzung erfolgte nach den jeweiligen Auffassungen zu den folgenden Aspekten: Naturhaushaltskonzept, Bodenfruchtbarkeit und Humuswirtschaft, Lebens- und Alltagsarbeit, Nahrungsmittelqualität sowie Organisationsform (Vogt 2000, S. 17).
 - 3 In Österreich und der Schweiz ist die Bezeichnung biologischer Landbau am geläufigsten, im englischsprachigen Raum hat sich *organic farming* als Überbegriff durchgesetzt.



IFOAM) können dabei als Richtgröße gelten.⁴ Derzeit zählt IFOAM rund 760 Mitgliedsorganisationen aus über 100 Ländern, die ihre Richtlinien den Basis-Richtlinien der IFOAM angepasst haben. Diesen zufolge zeichnet sich der ökologische Landbau u.a. durch die folgenden Grundsätze aus (<http://www.ifoam.org/standard/cover.html>):

- › Nahrungsmittel mit hoher Ernährungsqualität in ausreichender Menge erzeugen.
- › In aufbauender, lebensfördernder Weise in natürliche Systeme und Kreisläufe eingreifen.
- › Die langfristige Fruchtbarkeit der Böden erhalten und steigern.
- › Die genetische Vielfalt der Erzeugungssysteme und ihrer Umgebungen zu erhalten, einschließlich des Schutzes von Pflanzen und Wildtierhabitaten.
- › Soweit als möglich erneuerbare Ressourcen in örtlich organisierten Produktionssystemen nutzen.
- › Ein harmonisches Gleichgewicht zwischen pflanzlicher Erzeugung und Tierhaltung erreichen.
- › Allen landwirtschaftlichen Nutztieren Lebensbedingungen gewähren, die angemessene Rücksicht auf die grundlegenden Aspekte ihres angeborenen Verhaltens nehmen.
- › Alle Formen der Umweltverschmutzung minimieren.
- › Jedem, der in der ökologischen Erzeugung und Verarbeitung tätig ist, eine Lebensqualität ermöglichen, die der UN-Menschenrechts-Charta entspricht sowie Grundbedürfnisse deckt und ein angemessenes Entgelt sowie Befriedigung aus der Arbeit ermöglicht, einschließlich einer sicheren Arbeitsumgebung.
- › Gentechnische Veränderung gehört nicht in die ökologische Erzeugung und Verarbeitung.

Vergleichbare Formulierungen finden sich im *Codex Alimentarius* der FAO, der »EU-Öko-Verordnung« (s.u., vgl. Schmidt/Haccius 1998) sowie den Richtlinien der ökologischen Landbauverbände in Deutschland. Zahlreiche entsprechende Dokumente können im Internet unter der Adresse <http://www.soel.de/oekolandbau/richtlinien.html> eingesehen werden.

4 Die Basis-Richtlinien spiegeln den gegenwärtigen Stand der ökologischen Produktion und Verarbeitung wider, sind jedoch nicht als abgeschlossenes, sondern eher als ein in Entstehung begriffenes Werk zu betrachten. Sie bedürfen außerdem noch einer genaueren Definition innerhalb lokaler, sozial-ökonomischer, geoklimatischer und kultureller Bedingungen und geben damit einen Rahmen für zertifizierende bzw. richtliniengebende Organisationen weltweit ab, die ihre eigenen nationalen oder regionalen Richtlinien entwickeln. Diese wiederum berücksichtigen die örtlichen Bedingungen und können durchaus strenger gefasst sein als die IFOAM-Basis-Richtlinien (SÖL 2004).



Seit der Gründung der *Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Landbau* (AGÖL e.V.) im Jahr 1988 arbeiten die Verbände in Deutschland zur Abstimmung allgemeingültiger Richtlinien zusammen. Im Jahr 2002 wurde die AGÖL aufgelöst und der *Bund für ökologische Lebensmittelwirtschaft* (BÖLW) als Spitzenverband gegründet, der zusätzlich die Interessen der Produzenten und der Vermarkter berücksichtigt. Damit verfügt der ökologische Landbau über eine institutionalisierte Interessengemeinschaft über die gesamte Wertschöpfungskette. Die meisten der deutschen Ökologielandbau-Verbände sind derzeit Mitglieder des BÖLW: Demeter (gegründet 1924), Bioland (1971), Naturland (1982), Ökosiegel (1988), Gäa (1989), Biopark (1991) und Ecoland (1996) – Gäa und Biopark sind vor allem in den neuen Bundesländern tätig.

Lange Zeit existierte in Deutschland kein national gültiger Standard für Produkte aus ökologischem Landbau. Ökoprodukte wurden mit den Siegeln der verschiedenen Anbauverbände gekennzeichnet, über deren Inhalt und Glaubwürdigkeit jedoch auf Seiten der Verbraucher häufig Unklarheit herrschte. Außerdem war der Gebrauch der Verkehrsbezeichnungen »Bio-« bzw. »Öko-« nicht gesetzlich geregelt. Um durch erhöhte Transparenz bei der Herstellung von Ökoprodukten ein größeres Vertrauen auf Seiten der Verbraucher sowie einen fairen Wettbewerb innerhalb der EU zu erreichen, entwickelte die EU Anfang der 1990er Jahre ein umfassendes Regelwerk zum ökologischen Landbau.⁵ Von zentraler Bedeutung sind hierbei die so genannte *EU-Öko-Verordnung 2092/91* (EU 1991) sowie die *Verordnung (EG) Nr. 1804/99 des Rates vom 19. Juli 1999 zur Einbeziehung der tierischen Erzeugung in den Geltungsbereich der Verordnung (EWG) Nr. 2092/91 über den ökologischen Landbau und die entsprechende Kennzeichnung der landwirtschaftlichen Erzeugnisse und Lebensmittel* (EU 1999a). Die EU-Öko-Verordnung trat 1993 in allen Mitgliedstaaten in Kraft und schuf erstmals einen EU-weit gültigen Standard für Erzeugung und Verarbeitung von Produkten aus ökologischem Landbau. Allerdings bestand zunächst eine Regelungslücke bei der Tierproduktion, die erst 1999 mit Verordnung 1804/99 geschlossen wurde.

Seitdem müssen auch in Deutschland alle nicht verarbeiteten pflanzlichen Agrarerzeugnisse, Tiere und nicht verarbeitete tierische Agrarerzeugnisse, für den menschlichen Verzehr bestimmte verarbeitete pflanzliche und tierische Agrarerzeugnisse sowie Futtermittel den Anforderungen der EU-Öko-Verordnung genügen, sofern sie als Erzeugnisse aus ökologischem Landbau gekennzeichnet werden sollen. Die Verordnung enthält im Wesentlichen die folgenden Vorschriften:

⁵ Darüber hinaus war es ein Ziel der VO 2092/91 »to create a balance between supply and demand of organic produce (through increased consumer recognition; development of the market; higher prices)« (Lampkin et al. 1999, S. 90).



PFLANZENBAU

- › Die Umstellungszeit beträgt bei einjährigen Kulturen zwei Jahre vor der Aussaat, bei mehrjährigen Kulturen drei Jahre vor der Ernte.
- › Jungpflanzen müssen generell aus ökologischem Landbau stammen.
- › Saatgut und vegetatives Vermehrungsmaterial unterliegen besonderen Anforderungen.⁶
- › Die Bodenfruchtbarkeit ist durch den Anbau von Leguminosen und Gründüngungspflanzen, eine geeignete Fruchtfolge und Düngung mit organischen Materialien zu erhalten.
- › Die Verwendung mineralischer Düngemittel sowie von Pflanzenschutzmitteln wird äußerst restriktiv gehandhabt (Positivlisten in Anhang II).⁷
- › Gentechnisch veränderte Organismen (GVO) und deren Derivate dürfen nicht verwandt werden.

TIERHALTUNG

- › Bei gleichzeitiger Umstellung von Tieren, Weiden und Futterflächen beträgt die Umstellungszeit zwei Jahre, ansonsten gelten gesonderte Umstellungszeiträume.
- › Soweit verfügbar, müssen zugekaufte Tiere von ökologisch wirtschaftenden Betrieben stammen.
- › Die Tierzahl pro Flächeneinheit ist begrenzt, Besatzobergrenzen für die verschiedenen Tierarten sind in Anhang VII festgelegt.
- › Eine artgerechte Unterbringung der Tiere muss gewährleistet sein (mindestens die Hälfte der Bodenfläche in Ställen muss geschlossen ausgeführt sein), Säugetieren ist in der Regel Auslauf zu gewähren, Geflügel darf nicht in Käfigen gehalten werden.

6 Bei Saatgut bzw. vegetativem Vermehrungsmaterial muss die Mutter- bzw. Elternpflanze ohne Verwendung von gentechnisch veränderten Organismen (GVOs) oder auf deren Grundlage hergestellten Erzeugnissen und zumindest für die Dauer von einer Generation (einjährige) bzw. zwei Wachstumsperioden (mehrjährige Kulturen) gemäß den Erzeugervorschriften aus Art. 6 erzeugt worden sein. In Ausnahmefällen ist die Verwendung von Saatgut und Pflanzkartoffeln, welche nicht nach dem Verfahren des ökologischen Landbaus gewonnen wurden, erlaubt. Entsprechende Verfahrensvorschriften und Kriterien für die Ausnahmeregelung sind in *Verordnung (EG) Nr. 1452/2003 der Kommission vom 14. August 2003 zur Beibehaltung der Ausnahmeregelung gemäß Artikel 6 Absatz 3 Buchstabe a) der Verordnung (EWG) Nr. 2092/91 des Rates für bestimmte Arten von Saatgut und vegetativem Vermehrungsmaterial und zur Festlegung von Verfahrensvorschriften und Kriterien für diese Ausnahmeregelung* (EU 2003) geregelt. Gemäß dieser Verordnung ist in der Datenbank <http://www.organicxseeds.de> die Verfügbarkeit von Saatgut und Pflanzkartoffeln aus ökologischer Vermehrung dokumentiert.

7 So darf z.B. lediglich Magnesiumsulfat natürlichen Ursprungs verwendet werden, wenn der Bedarf hierzu von der Kontrollstelle anerkannt wird. Zum Pflanzenschutz ist beispielsweise die Nutzung synthetische Lockstoffe in Fallen erlaubt (Kap. II.2).



- › Wenn möglich, erfolgt die Fütterung der Tiere mit ökologisch erzeugten Futtermitteln. Die Beimischung von bis zu 30 % (bei eigener Produktion bis zu 60 %) Umstellungsfuttermitteln ist zulässig. Bei Versorgungsengpässen ist auch eine begrenzte Beimischung konventioneller Futtermittel möglich.
- › Die Krankheitsvorsorge beruht hauptsächlich auf vorbeugenden Maßnahmen (u.a. Verwendung geeigneter Rassen, tiergerechte Haltung), die präventive Verabreichung von Antibiotika u.Ä. ist verboten.

VERARBEITUNG

- › Ein Produkt darf eine bestimmte Zutat nicht zugleich aus ökologischem und konventionellem Landbau enthalten.
- › GVOs sowie deren Derivate dürfen nicht verwendet werden.
- › Die Verwendung ionisierender Strahlen ist untersagt.
- › Es dürfen nur Zusatzstoffe und technische Hilfsstoffe eingesetzt werden, die in den Positivlisten des Anhangs VI enthalten sind.
- › Zutaten aus konventionellem Landbau können bis zu einem Gewichtsanteil von 5 % verwendet werden, sofern sie in Anhang VI aufgeführt und nicht aus ökologischem Landbau am Markt verfügbar sind.

Die Mindestanforderungen an das Kontrollverfahren sind in Anhang III der EU-Öko-Verordnung niedergelegt. Sie beinhalten u.a. Dokumentations- und Meldepflichten für die Betriebe sowie regelmäßige Inspektionen des Betriebs durch die Kontrollstelle.⁸ Bei Verstößen gegen die Vorschriften drohen den Betrieben – je nach Schwere des Verstoßes – Sanktionen durch die Kontrollstelle oder die Überwachungsbehörde, die bis hin zum Entzug der Zertifizierung führen können.

Trotz der EU-Öko-Verordnung spielen die ökologischen Landbauverbände in Deutschland nach wie vor eine wichtige Rolle. Die Verbandsrichtlinien werden als den Vorschriften aus der EU-Verordnung gleichwertig angesehen, so dass die verbandsgebundenen Betriebe sowohl nach Verbands- als auch nach EU-Vorschriften zertifiziert werden und ihre Produkte entsprechend vermarkten können. Allerdings hat seit Inkrafttreten der Verordnung 2092/91 der Anteil der verbandsgebundenen Betriebe kontinuierlich abgenommen: 1996 lag ihr Anteil an allen ökologisch wirt-

⁸ Die Kontrolle von landwirtschaftlichen Betrieben ist in Anhang III A geregelt. Der Landwirt ist dazu verpflichtet, detaillierte Aufzeichnungen über seine pflanzliche (jährliche Anbauplanung) und tierische Erzeugung (Neuzugänge, Abgänge und Verluste von Tieren, tierärztliche Behandlungen usw.) zu führen. Darüber hinaus muss er der Kontrollstelle wesentliche betriebliche Änderungen (Pacht neuer Flächen, Aufnahme neuer Produktionszweige) mitteilen. Nach einer ersten Kontrolle finden mindestens ein Mal jährlich angekündigte Folgeinspektionen durch die Kontrollstelle statt. In Anhang III B der VO sind entsprechende Mindestanforderungen an die Kontrolle von Verarbeitungsunternehmen aufgeführt (MUNLV NRW 2001, S. 21 ff.).



schaftenden Betrieben noch bei rund 88 %, heute sind nur noch 60 % der Ökobetriebe Mitglied in einem der Verbände; die übrigen arbeiten ausschließlich nach den Vorgaben der EU-Öko-Verordnung.

Zusätzlich zu Verordnung 2092/91 gilt in Deutschland seit Juli 2002 das *Öko-Landbaugesetz*. Es dient der Durchführung der Verordnung und sieht folgende Maßnahmen vor: Zum einen wurden die Kontrollstellen dazu verpflichtet, festgestellte Unregelmäßigkeiten oder Verstöße i.S.d. EU-Öko-Verordnung stets an die für das betreffende Unternehmen zuständige Behörde zu melden.⁹ Zum anderen wurden die Vollzugsaufgaben im Zusammenhang mit der EU-Öko-Verordnung bei der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) gebündelt. Schließlich wurden Straf- und Bußgeldvorschriften eingeführt. Seitdem drohen bei Verstößen gegen die Vorschriften der Verordnung¹⁰ Freiheitsstrafen von bis zu einem Jahr oder bis zu 30.000 Euro Geldbuße. Das Kontrollsystem, zu dessen Einführung die Mitgliedstaaten in Verordnung 2092/91 verpflichtet wurden, ist in Deutschland privat organisiert. Insgesamt 22 Kontrollstellen sind derzeit zugelassen, überwacht von 16 Kontrollbehörden in den Bundesländern (BMVEL 2004b). Die Kosten für Kontrolle und Zertifizierung haben in der Regel die Betriebe und Verarbeitungsunternehmen zu tragen.

Zur Kennzeichnung von Ökoprodukten beschloss die EU-Kommission im Dezember 1999 die Einführung eines EU-weiten Siegels (EU 1999b). Allerdings ist das Siegel keine Pflichtetikettierung und wird kaum genutzt. Deshalb wurde in Deutschland im September 2001 zusätzlich ein nationales »Bio-Siegel«¹¹ eingeführt. Zu seiner gesetzlichen Absicherung trat im Dezember 2001 das *Öko-Kennzeichengesetz* in Kraft. Die Verwendung des Bio-Siegels ist kostenlos und an die gleichen Voraussetzungen gebunden wie im Falle des europäischen Siegels, d.h. im Wesentlichen Erzeugung und Kontrolle gemäß den Vorschriften der EU-Öko-Verordnung sowie – bei verarbeiteten Produkten – die Verwendung von Zutaten zu mindestens 95 Gewichts-% aus ökologischem Landbau. Einzelheiten zu Gestaltung und Anwendung des Siegels werden in der *Öko-Kennzeichenverordnung* geregelt, die im Februar 2002 in Kraft getreten ist.

9 Die EU-weite Regelung nach VO 2092/91 sieht lediglich vor, dass die zuständige Behörde durch die Kontrollstelle in besonders gravierenden Fällen über Verstöße zu unterrichten ist, die voraussichtlich zu einem Vermarktungsverbot für Ökoprodukte für das gesamte Unternehmen führen würden.

10 Dazu zählt auch die missbräuchliche Bezugnahme auf den ökologischen Landbau bei der Produktwerbung.

11 Wenngleich in offiziellen, den ökologischen Landbau betreffenden Bezeichnungen meist die Vorsilbe »Öko-« anzutreffen ist (siehe z.B. die Titel von entsprechenden deutschen Rechtsvorschriften), handelt es sich auch bei »Bio-Siegel« um eine offizielle Bezeichnung des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft.



Die EU prägt die Rahmenbedingungen für den ökologischen Landbau in Deutschland aber nicht nur durch ihr Zertifizierungs-, Kennzeichnungs- und Kontrollsystem. Vielmehr spielt auch die finanzielle Förderung des Ökolandbaus in der gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) seit Ende der 1980er Jahre eine zunehmende Rolle. Das *Extensivierungsprogramm* gemäß EWG-Verordnung 4115/88 (EU 1988) hatte zwar weniger das Erreichen positiver Umwelteffekte als vielmehr die Verringerung von Produktionsüberschüssen zum Ziel. Dennoch diente es in einigen Mitgliedstaaten – zunächst in Deutschland, später auch in Frankreich und Luxemburg – als Grundlage für Fördermaßnahmen für die Umstellung auf ökologischen Landbau. Im Gegensatz dazu zielte das *Agrarumweltprogramm* der EU nach EWG-Verordnung 2078/92 unmittelbar auf die Umsetzung umweltpolitischer Maßgaben im Bereich der Landwirtschaft ab (EU 1992). Es wurde im Rahmen der GAP-Reform von 1992 als eine der flankierenden Maßnahmen eingeführt und galt von seiner Umsetzung an als »most important mechanism for supporting organic farming in the European Union« (Lampkin et al. 1999, S. 6). Seit der Umsetzung der Agenda 2000 werden entsprechende Maßnahmen unter EG-Verordnung 1257/99 fortgeführt (EU 1999c).

Neben den Maßnahmen von Seiten der EU – und zum Teil schon vor deren Bestehen – existierten in den Mitgliedstaaten zusätzlich nationale bzw. regionale Programme. In Deutschland sei in diesem Zusammenhang nur auf die Maßnahmen hingewiesen, die seit dem Wechsel an der Spitze des damaligen *Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten* im Januar 2001 getroffen wurden. In der Regierungserklärung zur neuen Verbraucherschutz- und Landwirtschaftspolitik vom 08. Februar 2001 wurden die Eckpunkte der geplanten Neuausrichtung präzisiert. Dazu zählt u.a. die verstärkte Förderung des ökologischen Landbaus mit dem Ziel, den Anteil der ökologisch bewirtschafteten Fläche an der gesamten landwirtschaftlich genutzten Fläche bis zum Jahr 2010 auf 20 % zu erhöhen. Die Ausdehnung des ökologischen Landbaus ist auch einer von 21 Schlüsselindikatoren, die für die Nachhaltigkeitsziele der Bundesregierung stehen (Bundesregierung 2002, S. 113).

Im Juni 2001 erfolgte die Neuausrichtung der Agrarförderung im Rahmen der Gemeinschaftsaufgabe Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes. Zuschüsse für Investitionen in den ökologischen Landbau wurden ausgeweitet, die Prämien für Umstellung auf und Beibehaltung von ökologischem Landbau deutlich erhöht. Ihr Engagement für den ökologischen Landbau unterstrich die Bundesregierung zuletzt mit der Einführung des *Bundesprogramms Ökologischer Landbau* Ende 2001 mit einem Katalog von insgesamt 30 Fördermaßnahmen. Im Mittelpunkt der Förderung steht die verbesserte Information von Erzeugern, Verarbeitern und Verbrauchern, aber auch die gezielte Förderung von Betrieben und Vermarktungsstrukturen. Für das Bundesprogramm standen in den Jahren 2002 und 2003



Mittel in einer Größenordnung von jeweils knapp 35 Mio. Euro zur Verfügung. Für die Fortführung sind bis zum Jahr 2007 jährlich 20 Mio. Euro vorgesehen (<http://www.bundesprogramm-oekolandbau.de>).

PRODUKTIONSVERFAHREN¹²

2.

Aus den generellen Zielsetzungen des ökologischen Landbaus ergeben sich spezielle Anforderungen an die verwendeten Produktionsverfahren. Diese unterscheiden sich z.T. recht deutlich von den Verfahren, die in der konventionellen Landwirtschaft üblicherweise eingesetzt werden. Ein grundlegender Unterschied besteht darin, dass das Ziel des ökologischen Landbaus nicht nur die Erzeugung eines bestimmten Agrarproduktes ist, sondern gleichzeitig der Erhalt und die Förderung verschiedener Funktionen des Agrarökosystems, wie z.B. die Regelungsfunktion für Umweltprozesse sowie die Lebensraumfunktion für Pflanzen und Tiere. Aus der ganzheitlichen Betrachtungsweise des ökologischen Anbausystems und dem Verzicht auf den Einsatz von leicht löslichem Mineraldünger und synthetischen Pflanzenschutzmitteln ergibt sich, dass Bewirtschaftungsfehler wesentlich schwieriger kurzfristig ausgeglichen werden können als in der konventionellen Landwirtschaft. Allgemein bringt die Andersartigkeit des ökologischen Landbaus mit sich, dass Erfordernisse, Probleme und Ergebnisse in Pflanzenbau und Tierhaltung anders als unter konventionellen Bedingungen sind und vorhandene Praxislösungen und Forschungsergebnisse aus der konventionellen Landwirtschaft nicht einfach übertragen werden können. Im Folgenden sollen die spezifischen pflanzenbaulichen Verfahren des Ökolandbaus bei den einzelnen Schritten im Produktionsprozess kurz dargestellt werden.

SAATGUTBEHANDLUNG UND -AUSBRINGUNG

Die Beizung des Saatgutes soll dazu beitragen, samenbürtige Krankheiten, insbesondere im Getreide- und Gemüseanbau, unter Kontrolle zu halten. Die in der konventionellen Landwirtschaft übliche chemische Saatgutbeizung ist im Ökolandbau jedoch nicht erlaubt. Daher kommen hier andere, physikalische Verfahren zum Einsatz (s.u.).

Aus einer kommerziellen Nutzung von gentechnisch veränderten Organismen (GVO) in der konventionellen Landwirtschaft würden sich für den ökologischen Landbau besondere Anforderungen an die Saatguterzeugung ergeben, da im Ökolandbau der Einsatz von GMO kategorisch verboten ist. Gefordert wird, dass auch in Zukunft bei der Saatgutproduktion gewährleistet wird, dass mögliche GMO-An-

¹² Die Ausführungen in diesem Kapitel basieren überwiegend auf der Studie von Hahn et al. (2003).



teile durch unerwünschte Einkreuzung unter der technischen Nachweisgrenze von derzeit 0,1 % gehalten werden. Wie eine entsprechende Saatgutproduktion organisiert werden könnte, ist Gegenstand aktueller Forschung.

Bei der Ausbringung von Saat- und Pflanzgut finden sich im ökologischen Landbau einige Besonderheiten. An dieser Stelle sei beispielhaft auf das Prinzip der Weiten Reihe im Getreideanbau hingewiesen. Der Abstand zwischen den Reihen beträgt hier 24 bis 50 cm, während üblicherweise auf einen Reihenabstand von 12 cm gedrillt wird. Die Weite Reihe bei der Aussaat von Weizen ermöglicht eine effektive Unkrautbekämpfung sowie eine gute Nutzung des Stickstoffs im Boden, die zu einem höheren Proteingehalt im Weizenkorn und damit zu einer nachgewiesenen Verbesserung der Backqualität führt. Zudem sind verschiedene Untersaaten möglich.

BODENBEARBEITUNG

Der Boden wird im ökologischen Landbau als multifunktionaler Naturkörper verstanden. Dazu zählen insbesondere seine Funktion als Pflanzenstandort, als Medium der Nährstoff- und Wasserversorgung, als Speicher und Filter für Wasser sowie als Senke für CO₂ (das in Form von organischer Substanz im Boden gebunden wird). Durch die Art der Bodenbewirtschaftung soll dieser Multifunktionalität Rechnung getragen werden. Dabei zählt die Stabilisierung bzw. Steigerung der Bodenfruchtbarkeit zu den Hauptzielen, weil sie ausschlaggebend für den Erfolg eines Ökobetriebes ist. Durch die Bodenbearbeitung im Ökolandbau sollen die Bodenstruktur verbessert, Bodenverdichtungen vermieden bzw. aufgehoben sowie die Nährstoffe in Ernterückständen und organischen Düngergaben mobilisiert werden. Sie soll insbesondere dazu beitragen, die Verfügbarkeit von Stickstoff und anderen Pflanzennährstoffen im Boden zu fördern. Dies geschieht dadurch, dass über die Lockerung des Bodens und die damit einhergehende stärkere Erwärmung und Sauerstoffzufuhr der mikrobielle Abbau organischer Substanz und die Mineralisierung der darin gebundenen Nährstoffe intensiviert werden. Darüber hinaus spielt die Regulierung von Unkraut eine bedeutende Rolle bei der Bodenbearbeitung (s.u.).

FRUCHTFOLGE

Der Gestaltung der Fruchtfolge wird im Ökolandbau wesentlich mehr Beachtung geschenkt als in der konventionellen Landwirtschaft. Durch eine geeignete Auswahl an verschiedenen Kulturpflanzen innerhalb einer möglichst vielgliedrigen Fruchtfolge soll u.a erreicht werden, dass die verfügbaren Nährstoffe im Boden durch die Pflanzen möglichst gut genutzt, Schadorganismen in ihren Entwicklungsmöglichkeiten stark eingeschränkt und Bodenverdichtungen vermieden werden. Typisch ist dabei die Einbindung von Leguminosen in die Fruchtfolge. Diese sind in der Lage, über bestimmte Bakterien in ihren Wurzelknöllchen Luftstickstoff zu fixieren und



diesen damit für Pflanzen nutzbar zu machen. Hackfrüchte in der Fruchtfolge dienen der Regulierung der Unkrautflora und von Schadorganismen und fördern die Bodenlockerung, aber auch den Abbau organischer Substanz im Boden sowie u.U. die Bodenerosion. Weitere Merkmale der ökologischen Wirtschaftsweise sind der Wechsel zwischen Winterung (im Herbst ausgebrachte Saat von Wintergetreide) und Sommerung (Getreidearten, die ohne Kältereiz schossen und im Frühjahr gesät werden) sowie der Anbau von Zwischenfrüchten, die gleichzeitig der Futtererzeugung und der Gründüngung dienen. Der Zwischenfruchtanbau kann außerdem die Nährstoffauswaschung im Winter sowie die Bodenerosion verhindern.

DÜNGUNG

Das Ziel der Düngung besteht im ökologischen Landbau nicht nur in der Zufuhr von Nährstoffen in den Boden. Vielmehr soll damit gleichzeitig der Aufbau und Erhalt der Bodenfruchtbarkeit unterstützt werden. Die in der konventionellen Landwirtschaft übliche Verwendung leicht löslicher, mineralischer Düngemittel ist im Ökolandbau nicht erlaubt. Hier setzt das Management der Nährstoffversorgung bei der Planung der Fruchtfolge an. Das im Boden vorhandene Nährstoffpotenzial wird ergänzt durch hofeigene Dünger aus der Tierhaltung, womit der Forderung nach möglichst geschlossenen Stoffkreisläufen im Betrieb Rechnung getragen wird. Am besten lässt sich dies durch eine Kopplung von Ackerbau und Viehhaltung bewerkstelligen. Die organischen Dünger aus der Tierhaltung (aufgrund der Haltungsverfahren i.d.R. Stallmist, aber auch Gülle und Jauche) sollen zur Vermeidung von Nährstoffverlusten unter optimalen Bedingungen und mit möglichst verlustfrei arbeitenden Verfahren ausgebracht und anschließend rasch in den Boden eingearbeitet werden. Zur Vermeidung von Nährstoffverlusten durch Auswaschung werden u.a. pflanzenbauliche Maßnahmen wie eine Reduzierung der Bearbeitungsintensität, ein später Umbruch, der Anbau von Zwischenfrüchten sowie der gemeinsame Anbau von Leguminosen und Gräsern durchgeführt. Eine Grunddüngung mit Phosphor, Kalium und Magnesium ist nur bei anerkanntem Bedarf mittels schwer löslicher Phosphat- und Kalidünger (wie z.B. Rohphosphate, Kalimagnesia und Karbonatkalke) möglich. Eine Nettozufuhr an Stickstoff kann in ökologisch wirtschaftenden Betrieben über den gezielten Anbau von Leguminosen, den Zukauf von organischem Wirtschaftsdünger aus ökologischer Landwirtschaft sowie in Ausnahmefällen über den Zukauf von Düngemitteln gemäß Absatz II der EU-Öko-Verordnung (z.B. Legehennenmist, Raps-Expeller, Vinasse, Hornspäne) geschehen. In der Rotation sollten daher auf rund einem Drittel der Ackerfläche Leguminosen angebaut werden; auf dem Grünland kann der stickstofffixierende Weißkleeanteil durch Nachsaaten, Dünge- und Schnittmaßnahmen erhöht werden. Im Falle des Weißkleees können unter optimalen Bedingungen bis zu 250 kg Stickstoff/ha und Jahr aus der Luft fixiert werden.



UNKRAUTREGULIERUNG

Bei der Unkrautregulierung (und dem Pflanzenschutz) unterscheiden sich ökologische und konventionelle Landwirtschaft am deutlichsten. Der in der konventionellen Landwirtschaft übliche Herbizideinsatz ist den Ökobetrieben untersagt. An seine Stelle treten Verfahren der mechanischen Unkrautregulierung, die durch thermische Verfahren bzw. Handarbeit ergänzt werden. In erster Linie jedoch soll einer starken Unkrautentwicklung mittels verschiedener Maßnahmen vorgebeugt werden. Dazu zählen insbesondere wohl durchdachte, vielseitige Fruchtfolgen, eine angepasste und zeitgerechte Bodenbearbeitung, schnell wachsende und dadurch unkrautunterdrückende Bestände und gezielte, rechtzeitige Regulierungsmaßnahmen. Grundsätzlich werden im ökologischen Landbau keine unkrautfreien Bestände angestrebt.¹³ Ziel der Unkrautregulierung ist es vielmehr, den Bestand an Unkräutern derart zu beeinflussen, dass dieser eher produktionssteigernde als hemmende Effekte hat. Beispielsweise sind viele Unkräuter Nahrungspflanzen für Nützlinge und spielen so eine Rolle im Agrarökosystem des ökologischen Landbaus. Inzwischen ist die mechanische Unkrautregulierung allerdings auch in vielen ökologisch wirtschaftenden Betrieben so perfektioniert, dass es kaum noch Unkräuter und damit Nahrungsquellen für Nützlinge in ökologisch bewirtschafteten Feldern gibt (vgl. Hahn et al. 2003, S. 28).

PFLANZENSCHUTZ

Der Einsatz synthetischer Pflanzenschutzmittel ist ökologisch wirtschaftenden Betrieben bis auf sehr wenige und stark reglementierte Ausnahmen¹⁴ nicht gestattet. Im Mittelpunkt des ökologischen Landbaus stehen vorbeugende Maßnahmen des Pflanzenschutzes. So soll Schädlingen durch vielgestaltige und weit gestellte Fruchtfolgen der Lebensraum entzogen werden. Eine wichtige Rolle im Pflanzenschutzkonzept des Ökolandbaus spielen darüber hinaus die Förderung der Pflanzengesundheit, eine geeignete Sortenwahl, standort- und zeitgerechte Bodenbearbeitung sowie eine mengenmäßig und qualitativ angepasste Düngung. Außerdem wird versucht, die Regulations-Mechanismen im Agrarökosystem durch die gezielte Förderung von Nützlingen zu unterstützen. Beispielsweise kann hierdurch einem Befall der Ackerbohne durch die Schwarze Bohnenlaus vorgebeugt werden, der ansonsten bis zum Totalausfall führen kann. Auch aufgrund des vergleichsweise geringeren Einsatzes von Stickstoff ist mit einem verminderten Auftreten von Schädlingen und Krankheiten zu rechnen.

13 Daher ist in diesem Zusammenhang i.A. nicht von Unkraut*vernichtung*, sondern von Unkraut*regulierung* die Rede.

14 Kupferpräparate und bestimmte Pyrethroide in Fallen (Tab. 1).



Trotz präventiver Maßnahmen kann es unter bestimmten Witterungsbedingungen und Befallsituationen erforderlich sein, direkt einzugreifen. Hierfür stehen nur eingeschränkt Mittel zur Verfügung. In Tabelle 1 sind die laut EU-Öko-Verordnung zugelassenen Pflanzenschutzmittel aufgeführt. Daneben dürfen noch Bienenwachs (beim Baumschnitt), hydrolysiertes Eiweiß, Diammoniumphosphat und Pheromone (als Lockmittel in Fallen bzw. Spendern), Metaldehyd (Molluskizid; nur in Fallen mit einem höhere Tiere abweisenden Mittel) Ethylen bzw. Kalialaun (zur Nachreifung bzw. Verzögerung der Nachreifung von Bananen) sowie Quarzsand (als Repellent) eingesetzt werden. Kupferpräparate spielen im Ökolandbau v.a. zur Regulierung der Kraut- und Knollenfäule bei Kartoffeln eine wichtige Rolle. Sie haben jedoch schädigende Auswirkungen auf den Naturhaushalt. Ihr Einsatz unterliegt daher einer Mengenbeschränkung, die in den nächsten Jahren zudem schrittweise verschärft wird: Bis 31. Dezember 2005 dürfen höchstens 8 kg Kupfer/ha, ab 01. Januar 2006 höchstens 6 kg Kupfer/ha ausgebracht werden. Ab 01. Januar 2007 wird die jährlich zulässige Höchstmenge berechnet, indem die in den vier vorangegangenen Jahren tatsächlich verwendeten Mengen von 36, 34, 32 bzw. 30 kg Kupfer für die Jahre 2007, 2008, 2009, 2010 und die folgenden Jahre abgezogen werden (vgl. EU 2002b).



TAB. 1: PFLANZENSCHUTZMITTEL UND ANDERE MITTEL ZUR BEKÄMPFUNG VON SCHAD-ORGANISMEN IM ÖKOLANDBAU NACH EU-VERORDNUNG 2092/91, ANHANG II B

Bezeichnung	Einsatz
Azadirachtin aus <i>Azadirachta indica</i> (Neembaum)	Insektizid; Bedarf von Kontrollstelle oder -behörde anerkannt
Gelatine	Insektizid
Lecithin	Fungizid
Pflanzenöle (z.B. Minzöl, Kienöl, Kümmelöl)	Insektizid, Akarizid, Fungizid und Keimhemmstoff
Pyrethrine aus <i>Chrysanthemum cinerariaefolium</i>	Insektizid
Quassia aus <i>Quassia amara</i>	Insektizid, Repellent
Rotenon aus <i>Derris ssp.</i> , <i>Lonchocarpus ssp.</i> und <i>Tephrosia ssp.</i>	Insektizid; Notwendigkeit von Kontrollstelle oder -behörde anerkannt
Mikroorganismen (Bakterien, Viren und Pilze), z.B. <i>Bacillus thuringiensis</i>	nur Aufbereitungen; keine genetisch veränderten Organismen
Pyrethroide (nur Deltamethrin und Lambda-Cyhalothrin)	Insektizid; nur in Fällen mit spezifischen Lockmitteln; nur gegen Befall durch <i>Batrocera oleae</i> und <i>Ceratitis capitata</i> wied.; Notwendigkeit von der Kontrollstelle oder -behörde anerkannt
Kupfer in Form von Kupferhydroxid, Kupferoxichlorid; dreibasischem Kupfersulfat, Kupferoxid	Fungizid; mit Mengenbeschränkung; Notwendigkeit von der Kontrollstelle oder -behörde anerkannt
Kaliseife (Schmierseife)	Insektizid
Schwefelkalk (Calciumpolysulfid)	Fungizid, Insektizid, Akarizid; Bedarf von Kontrollstelle oder -behörde anerkannt
Paraffinöl	Insektizid, Akarizid
Mineralöle	Insektizid, Fungizid; nur bei Obstbäumen, Reben, Ölbäumen und tropischen Pflanzen (z.B. Bananen); Notwendigkeit von der Kontrollstelle anerkannt
Kaliumpermanganat	Fungizid, Bakterizid; nur bei Obstbäumen, Olivenbäumen und Reben
Schwefel	Fungizid, Akarizid, Repellent
Eisen-(III)-Orthophosphat	Molluskizid

Quelle: EU 1991



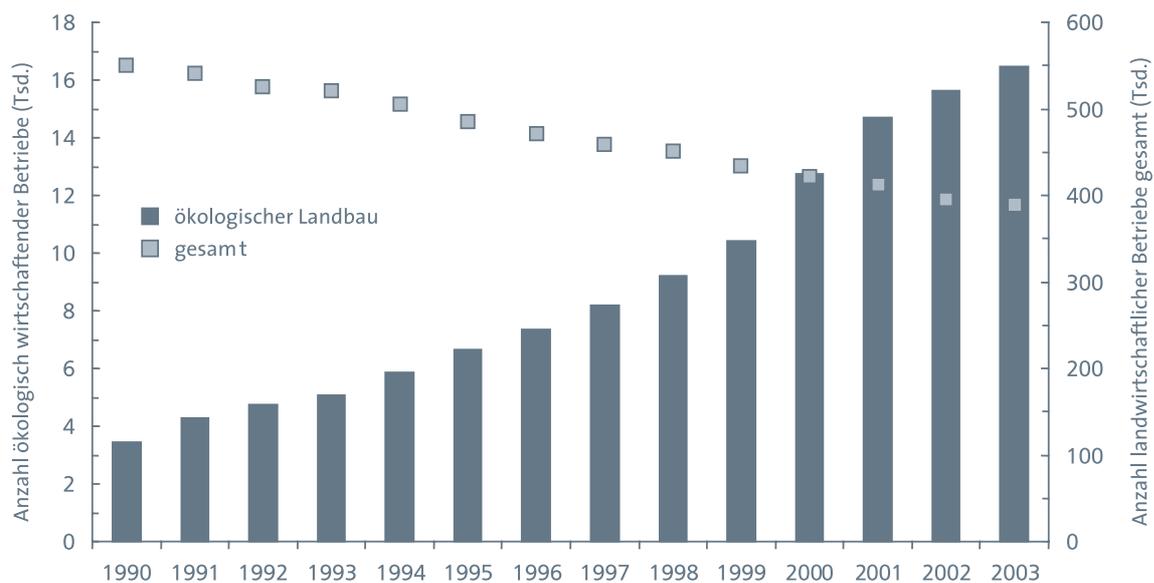
BETRIEBSSTRUKTUREN UND FAKTORAUSSTATTUNG

3.

BETRIEBE UND FLÄCHEN

Deutschland war einer der ersten Mitgliedstaaten der EU, in denen der ökologische Landbau an Bedeutung gewann. Bereits Mitte der 1980er Jahre fanden sich hier über 1.500 ökologisch wirtschaftende Betriebe, mehr als in jedem anderen europäischen Land außer Frankreich. In den Folgejahren nahm ihre Zahl stark zu; Ende 2003 zählte Deutschland bereits 16.476 Betriebe, das entspricht 4,2 % aller landwirtschaftlichen Betriebe in Deutschland (Abb. 1).

ABB. 1: ANZAHL DER LANDWIRTSCHAFTLICHEN BETRIEBE (ÖKOLOGISCHER LANDBAU SOWIE GESAMT) IN DEUTSCHLAND VON 1990 BIS 2003

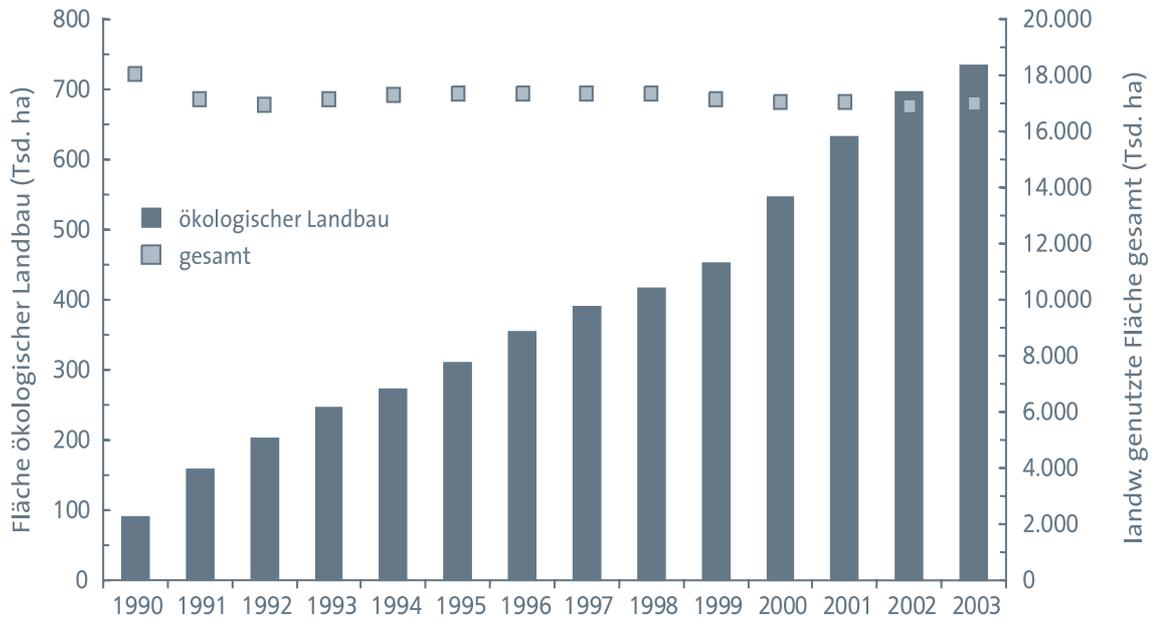


Quelle: eigene Darstellung, nach BMVEL 2003; BMVEL 2004a, S. 109; OCW 2004; Youssefi et al. 2004, S. 10

Die Entwicklung der ökologisch bewirtschafteten Fläche verlief in weiten Teilen parallel zur Entwicklung der Betriebszahl. Im Jahr 1990 betrug sie noch 90.000 ha, bis Ende 2003 war sie auf über 734.000 ha angewachsen, was einem Ökoanteil an der gesamten landwirtschaftlichen Fläche von 4,3 % entspricht (Abb. 2).



ABB. 2: LANDWIRTSCHAFTLICH GENUTZTE FLÄCHE (ÖKOLOGISCH SOWIE GESAMT) IN DEUTSCHLAND VON 1990 BIS 2003



Quelle: eigene Darstellung, nach BMVEL 2003; BMVEL 2004a, S. 109; OCW 2004; Yussefi et al. 2004, S. 10

Dabei stellt sich die Situation in den einzelnen Bundesländern sehr unterschiedlich dar: Während der Anteil ökologisch wirtschaftender Betriebe in Mecklenburg-Vorpommern (12,4 %), Baden-Württemberg (9,1 %) und Brandenburg (8,9 %) vergleichsweise hoch liegt, wirtschaftet in Niedersachsen (1,9 %), Schleswig-Holstein (2,3 %) sowie Rheinland-Pfalz (2,4 %) nur ein geringer Anteil der landwirtschaftlichen Betriebe ökologisch (Tab. 2). Für die ökologisch bewirtschaftete Fläche finden sich vergleichbare Unterschiede zwischen den Bundesländern. Darüber hinaus variiert auch die durchschnittliche Betriebsgröße stark: in den neuen Bundesländern finden sich die größten Ökobetriebe (v.a. in Brandenburg mit 213 ha/Betrieb), während die Betriebe in den alten Bundesländern (v.a. in Baden-Württemberg mit 17 ha) erheblich kleiner sind (Tab. 2).

Die Ökobetriebe in Deutschland unterscheiden sich in ihrer Betriebsstruktur deutlich von denen der konventionellen Landwirtschaft. So finden sich unter den Ökobetrieben weniger Nebenerwerbsbetriebe als im Durchschnitt aller Betriebe (49 % gegenüber 56 %). Darüber hinaus weisen Ökobetriebe aufgrund ihrer stark eingeschränkten Möglichkeiten eines Futterzukaufs einen wesentlich höheren Grünland-



II. ÖKOLOGISCHER LANDBAU IN DEUTSCHLAND

anteil auf (50 % gegenüber 29 % bei allen Betrieben). Die Bedeutung der Viehhaltung für die Nährstoffherzeugung spiegelt sich auch in der Betriebsform wider: Lediglich 19 % der Ökobetriebe wirtschaften viehlos, gegenüber 24 % im Durchschnitt aller Betriebe (DBV 2004). Der Arbeitskräfteeinsatz liegt im ökologischen Landbau mit 2,3 Arbeitskräften (AK)/Betrieb um 35 % höher als in vergleichbaren konventionell wirtschaftenden Betrieben (1,7 AK); die Anzahl der nicht entlohnten AK ist dabei mit 1,4 im Ökolandbau nahezu gleich hoch wie im konventionellen Landbau (1,5 AK) (BMVEL 2004a, S. 36 f.).

TAB. 2: ÖKOLOGISCHER LANDBAU IN DEN BUNDESLÄNDERN 2003

	Ökofläche (ha)	Ökoanteil Fläche (%)	Anzahl Ökobetriebe	Ökoanteil Betriebe (%)	Ø Fläche pro Ökobetrieb (ha)
Baden- Württemberg	85.825	5,9	5.004	9,1	17,2
Bayern	127.151	3,9	4.622	3,5	27,5
Brandenburg	119.270	9,0	559	8,9	213,4
Hessen	56.578	7,5	1.481	6,5	38,2
Mecklenburg- Vorpommern	107.412	8,0	619	12,4	173,5
Niedersachsen	55.959	2,1	1.052	1,9	53,2
Nordrhein- Westfalen	47.579	3,1	1.297	2,5	36,7
Rheinland-Pfalz	18.604	2,6	540	2,4	34,5
Saarland	4.691	6,1	63	3,7	74,5
Sachsen	20.342	2,2	277	3,7	73,4
Sachsen-Anhalt	34.855	3,0	257	5,7	135,6
Schleswig- Holstein	27.765	2,7	423	2,3	65,6
Thüringen	26.659	3,4	234	5,0	113,9
Stadtstaaten	1.337	5,6	48	6,0	27,9
<i>gesamt</i>	<i>734.027</i>		<i>16.476</i>		<i>44,6</i>

Quelle: eigene Darstellung, nach BMVEL 2004a, S. 110; Youssefi et al. 2004, S. 12 f.



MASCHINEN¹⁵

Ökobetriebe zeichnen sich durch einen vielgestaltigen Fruchtwechsel sowie eine tendenziell stärker differenzierte Betriebsstruktur aus. In den meisten Fällen wird hier eine größere Anzahl unterschiedlicher Anbauverfahren verwendet als in der konventionellen Landwirtschaft. Darüber hinaus können Ökobetriebe etwaige Bewirtschaftungsfehler anders als konventionelle Betriebe kaum durch kurzfristige Maßnahmen, etwa mineralische Düngergaben oder Pflanzenschutzmittel ausgleichen. Aus diesen Gründen benötigen diese im Vergleich zu konventionellen Betrieben eher mehr landtechnische Lösungen. Zudem setzen viele Ökobetriebe aufgrund der spezifischen Vermarktungssituation für Ökoprodukte in den Bereichen Lagerung und Aufbereitung der Produkte eine breitere Palette an Technik ein. Zwar liegen derzeit keine Erhebungen vor, die explizit den Einsatz von Agrartechnik im ökologischen Landbau zum Gegenstand haben. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass die verwendete Technik zum größten Teil identisch ist mit der Agrartechnik, die in konventionellen Betrieben zum Einsatz kommt. Bei Betrieben, die Hackfrüchte mit einer hohen Wertschöpfung anbauen (v.a. Kartoffeln und Karotten), sind häufig Spezialtechniken anzutreffen; aufgrund geringer Stückzahlen sind speziell für den Ökolandbau entwickelte Maschinen jedoch vergleichsweise teuer.

Durch eine gemeinsame Nutzung von Spezialgeräten von mehreren Betrieben oder durch Beauftragung eines Lohnunternehmens kann die Auslastung der Maschinen erhöht und die Kosten können gesenkt werden. Die betriebsübergreifende Nutzung von Landtechnik, etwa über Lohnunternehmer, ist inzwischen auch im ökologischen Landbau gelegentlich anzutreffen. Im süddeutschen Raum spielt die Nutzung von Maschinenringen und Lohnunternehmen beim Einsatz von Spezialtechniken für den Ökolandbau allerdings noch eine vergleichsweise geringe Rolle. Dies dürfte u.a. an den hohen Anforderungen an ein optimales Management, an der (noch) geringen Dichte an Ökobetrieben, am mangelnden Wissen der Lohnunternehmer und Maschinenringe über die Bedürfnisse des Ökolandbaus, aber auch an dessen Wirtschaftsweise liegen. Werden an einer wichtigen Stelle (z.B. beim Pflügen) Fehler gemacht, hat dies einerseits Auswirkungen auf das ganze System. Andererseits hat der Ökolandbau aufgrund der richtlinienbedingten Restriktionen kaum Möglichkeiten, die negativen Auswirkungen eines nicht optimalen Maschineneinsatzes durch nachfolgende Maßnahmen zu kompensieren. Ein Problem bei der zukünftigen überbetrieblichen Nutzung von Sä- und Erntemaschinen ist die Notwendigkeit, eine strikte Trennung der Erzeugnisse über alle Stufen von Produktion über Verarbeitung bis zum Handel zu gewährleisten. Insbesondere die mögliche Verunreinigung mit GVO könnte dabei künftig zu einem Hemmnis für die überbetriebliche Landtechniknutzung werden.

15 Dieser Abschnitt basiert im Wesentlichen auf dem Gutachten von Hahn et al. (2003).



WIRTSCHAFTLICHE KENNGRÖßEN

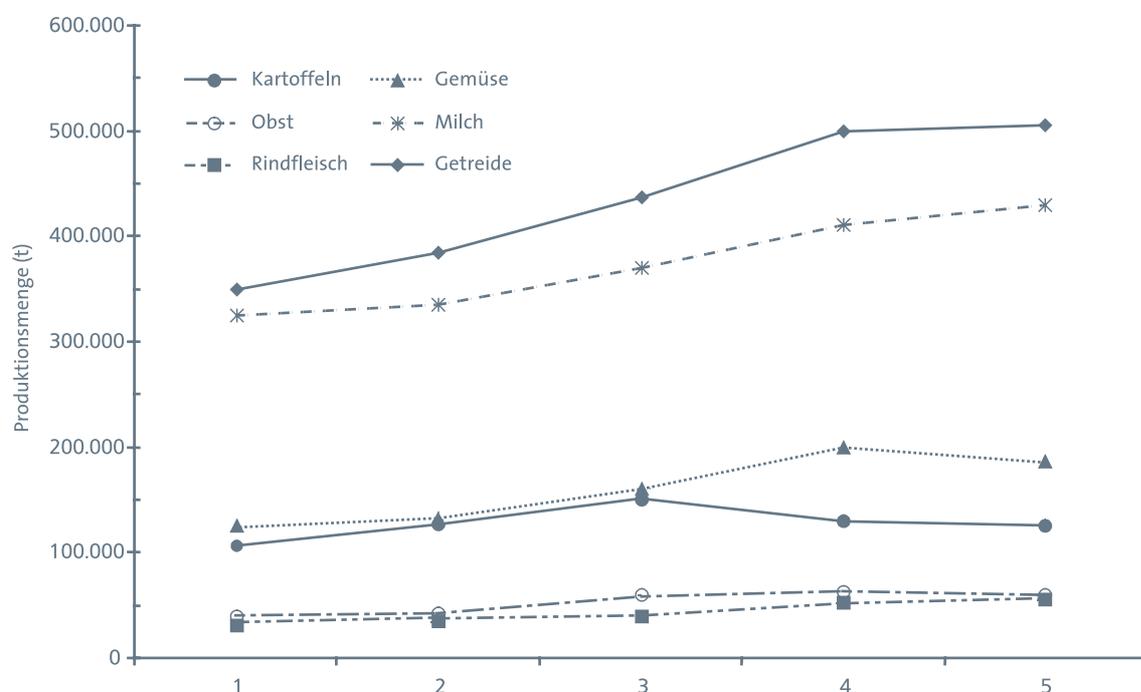
4.

Die Ökobetriebe in Deutschland produzieren eine Vielzahl von pflanzlichen und tierischen Erzeugnissen. Die wichtigsten Produkte bzw. Produktgruppen sollen im Folgenden näher betrachtet werden. In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, dass die Erfassung von Daten zur Produktionsmenge aufwändig und ihre Interpretation nicht unproblematisch ist. Insbesondere können von Jahr zu Jahr erhebliche Schwankungen in der Erntemenge landwirtschaftlicher Produkte auftreten, nicht zuletzt dadurch, dass ökologisch wirtschaftende Betriebe weniger Möglichkeiten haben als konventionelle Betriebe, auf Wetterveränderungen, Krankheits- oder Schädlingsbefall kurzfristig zu reagieren.

PRODUKTION

Getreide ist die mengenmäßig bedeutendste Warengruppe aus ökologischem Landbau in Deutschland. 2002 lag das Produktionsvolumen bei 505.000 t; das entspricht jedoch lediglich einem Anteil von 1,2 % an der gesamten Getreideproduktion Deutschlands (Abb. 3 u. 4). Auch bei Kartoffeln lag bei einer Produktionsmenge von

ABB. 3: ÖKOPRODUKTION IN DEUTSCHLAND 1998 BIS 2002 (IN T)

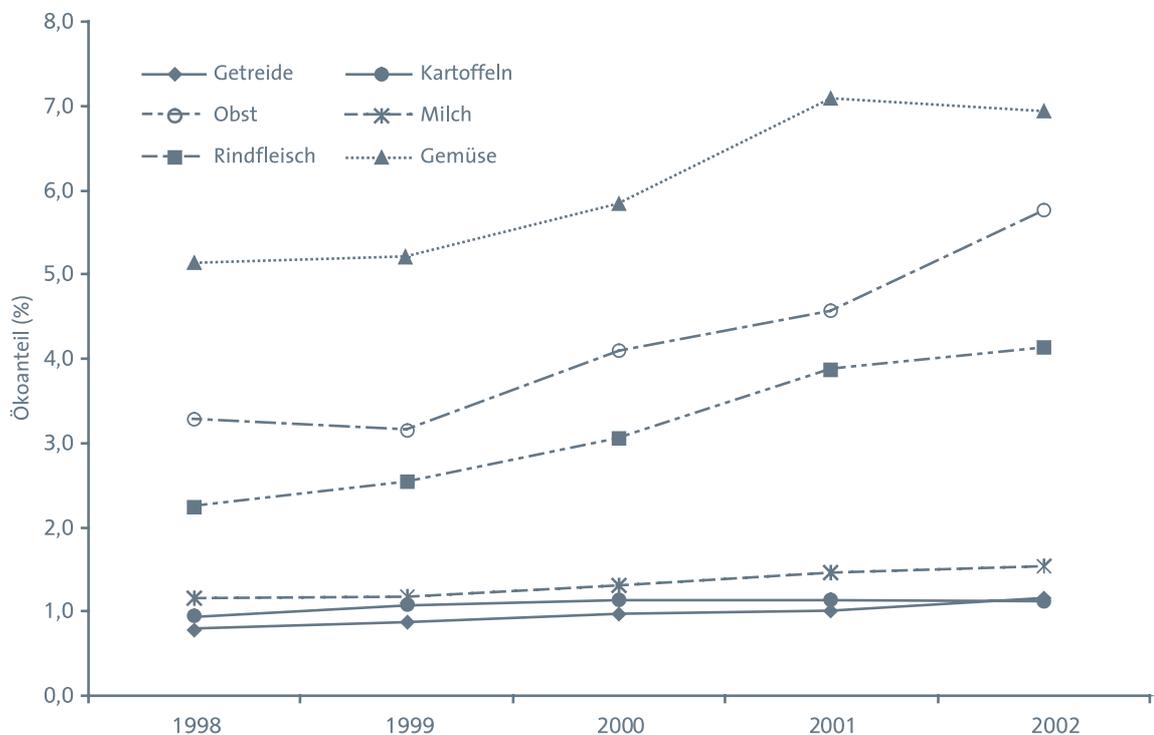


Quelle: eigene Darstellung, nach ZMP 2002, 2003 u. 2004



125.000 t der Ökoanteil an der Gesamtproduktion nur bei 1,1 %. Hingegen entstammten 6,9 % des Gemüses (187.000 t) und 5,8 % des Obstes (60.000 t) einer ökologischen Produktion. Milch war mit 430.000 t im Jahr 2002 das mengenmäßig bedeutendste tierische Erzeugnis, mit einem Anteil an der Gesamtproduktion von 1,5 %. Auch 4,1 % der deutschen Rindfleischproduktion (55.000 t) entfielen auf den Ökolandbau. Die Entwicklung in den Jahren 1998 bis 2002 zeigt für die meisten Produktgruppen zunehmende Produktionsmengen (z.B. Getreide und Milch) und -anteile (z.B. Obst und Rindfleisch).

ABB. 4: ÖKOANTEIL AN DER DEUTSCHEN GESAMTPRODUKTION 1998 BIS 2002 (IN %)



Quelle: eigene Darstellung, nach BMVEL 2004a; ZMP 2002, 2003 u. 2004

Europäische Vergleichsdaten liegen lediglich für das Jahr 2000 vor (vgl. Hamm et al. 2002). Demnach produziert Deutschland etwa ein Viertel des Ökogetreides der gesamten EU. Bei Kartoffeln ernteten die deutschen Ökobauern sogar mehr als ein Drittel der gesamten EU-Produktion. Hingegen war der deutsche Anteil an der europäischen Obstproduktion mit 6,4 % verhältnismäßig gering. Über 20 % der europäischen Ökomilch wurden in Deutschland produziert; bei Rindfleisch lag dieser Anteil bei 56 %.



UMSATZ

In Deutschland wurden im Jahr 2002 rund 3 Mrd. Euro mit Ökoprodukten umgesetzt (Hamm 2003; Willer/Yussefi 2004, S. 100). Damit besitzt Deutschland innerhalb Europas den weitaus größten Markt für Produkte aus ökologischer Landwirtschaft (30 % des gesamten europäischen Marktvolumens) sowie im weltweiten Vergleich nach den USA den zweitgrößten nationalen Markt. Betrachtet man den Anteil des Umsatzes mit Ökoprodukten am gesamten Lebensmittelmarkt, so liegt Deutschland mit einem Wert von 2,3 % an fünfter Stelle hinter der Schweiz (3,7 %), Dänemark (2,7 %), den USA und Österreich (2,5 %) (Ziebell 2003). Die Wachstumsraten des Marktes für Ökoprodukte in Deutschland lagen in den Jahren 2000 bis 2003 bei etwas über 10 % jährlich; für die Jahre 2003 bis 2005 sagt ITC (2002) ein weiteres Wachstum von jährlich 5 bis 10 % voraus. Padel et al. (2003) gehen für die Jahre 2002 bis 2007 von einem etwas geringeren Wachstum des deutschen Marktes für Ökoprodukte von jährlich 4,8 % aus, mit Wachstumsraten für einzelne Warengruppen zwischen 3,1 bzw. 7,3 % (Fleisch bzw. Convenience-Produkte).

VERTRIEBSSTRUKTUREN

Rund 35 % des Umsatzes mit Ökoprodukten wurden im Jahr 2002 im konventionellen Lebensmitteleinzelhandel erzielt, 26 % entfielen auf Naturkostfachgeschäfte, 17 % auf den Direktabsatz durch Erzeuger, 9 % auf Reformhäuser, 7 % auf Bäckereien und Fleischereien sowie 6 % auf sonstige Vertriebswege (Drogeriemärkte u.a.) (Hamm 2004). Innerhalb des Naturkostfachhandels entwickeln sich besonders die Bio-Supermärkte dynamisch. Sie erwirtschafteten 2002 bereits ein Fünftel des Gesamtumsatzes im Naturkosthandel (Yussefi et al. 2004). Ende 2004 gab es in Deutschland bereits rund 250 Bio-Supermärkte mit einer Verkaufsfläche über 200 m². Kennzeichnend für den deutschen Markt für Ökoprodukte ist, dass ein vergleichsweise geringer Umsatzanteil auf den konventionellen Lebensmitteleinzelhandel – insbesondere Supermärkte und Discounter – entfällt. Vergleichsdaten für andere EU-Mitgliedstaaten liegen für das Jahr 2000 vor: Gegenüber einem Anteil von 33 % in Deutschland wiesen andere Mitgliedstaaten Werte zwischen 41 % und 43 % (Belgien, Frankreich, Irland, Italien, Niederlande) oder von 72 % bis 86 % (Österreich, Dänemark, Finnland, Schweden, Großbritannien) auf (Hamm et al. 2002, S. 85 ff.). Bei einer Differenzierung nach Produktgruppen zeigen sich darüber hinaus sehr unterschiedliche Vertriebsstrukturen. Rund die Hälfte des deutschen Ökoweins beispielsweise wurde im Direktvertrieb verkauft, nur etwa 5 % entfielen hier auf den konventionellen Lebensmitteleinzelhandel. Bei Getreide und Fleisch ist der Vertriebsanteil von Bäckereien bzw. Metzgereien überproportional, bei Öl der Anteil der Bioläden und bei Schaf- und Ziegenfleisch der Anteil der Restaurants (Hamm et al. 2002, S. 137).



EINKOMMEN

Die wirtschaftliche Situation der Ökobetriebe war im Wirtschaftsjahr 2002/2003 besser als die vergleichbarer konventioneller Betriebe. Je Unternehmen wurden durchschnittlich 33.599 Euro bzw. 337 Euro/ha erwirtschaftet, gegenüber 27.569 Euro bzw. 277 Euro/ha bei konventionell wirtschaftenden Betrieben (BMVEL 2004a, S. 37). Auch das Einkommen je Arbeitskraft lag mit 20.544 Euro/AK um 14 % höher als in der konventionellen Vergleichsgruppe. Differenziert man nach Betriebsformen, so erzielten Ackerbaubetriebe mit 35.092 Euro Gewinn je Betrieb 7 % mehr, Futterbaubetriebe mit 34.240 Euro je Betrieb 24 % mehr und Gemischtbetriebe mit durchschnittlich 30.927 Euro um 11 % höhere Gewinne (vgl. BMVEL 2004a, S. 36 f.). Die Umsatzerlöse aus der Tierproduktion lagen mit 659 Euro/ha über denen der konventionellen Vergleichsbetriebe (648 Euro/ha), während die Erlöse aus der Pflanzenproduktion mit 279 Euro/ha gegenüber 326 Euro niedriger waren. Allerdings kamen den Ökobetrieben höhere Direktzahlungen (ohne Investitionsbeihilfen) von 470 Euro/ha gegenüber 357 Euro/ha zugute, wobei sich die Differenz insbesondere auf die Teilnahme an Agrarumweltprogrammen zurückführen lässt. Die deutlich höheren Aufwendungen der Ökobetriebe für Personal (135 Euro/ha gegenüber 27 Euro/ha) werden durch die geringeren Ausgaben für Dünge- und Pflanzenschutzmittel (11 Euro/ha gegenüber 138 Euro/ha) mehr als kompensiert.

FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG IM BEREICH AGRARTECHNIK

5.

Die Agrartechnikforschung auf Bundesebene fällt in den Zuständigkeitsbereich des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (BMVEL). In den 71 Forschungsinstituten im Geschäftsbereich des BMVEL mit ihren zusammen 1.200 Wissenschaftlern auf Planstellen findet Forschung zum ökologischen Landbau nur vereinzelt statt (Willer 2003). Viele der bearbeiteten Forschungsthemen sind jedoch auch für den ökologischen Landbau interessant, selbst wenn sie nicht als Ökolandbau-Forschung ausgewiesen sind. Seit 2003 gibt es ein Sonderprogramm Ökologischer Landbau (<http://www.bundes-programm-oekolandbau.de>). Innerhalb der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) hat die Forschung für den ökologischen Landbau im Dezember 2000 mit der Gründung des Instituts für ökologischen Landbau in Trenthorst an Bedeutung gewonnen. Eine Förderung durch das BMBF (wie z.B. im Forschungsprojekt preagro) ist dagegen eher die Ausnahme. Die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) in Osnabrück fördert ebenfalls Projekte des Ökolandbaus (z.B. die sensorgesteuerte Querhacke in Verbindung mit den Amazonen-Werken Hasbergen; s. Kap. III.6). Öffentlich finanzierte Forschung im Bereich Agrartechnik für den ökologischen Landbau wird



darüber hinaus an den Universitäten und Fachhochschulen betrieben. An der Biologischen Bundesanstalt gibt es seit dem 31. Mai 2001 eine institutsübergreifende Arbeitsgruppe zum Pflanzenschutz im ökologischen Landbau. Ebenso hat das Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL) eine Arbeitsgemeinschaft zum ökologischen Landbau eingerichtet, Schwerpunkte in der Forschung bilden bisher pflanzenbauliche Fragestellungen. Eine internationale wissenschaftliche Fachgesellschaft zum ökologischen Landbau (ISO FAR) wurde im Juni 2003 gegründet.

Ein Beispiel für eine erfolgreiche universitäre Entwicklung ist die in Weihenstephan entwickelte Trennhacke. Die Entwicklungen halten allerdings nicht immer Einzug in die Praxis. Größtes Markteinführungshemmnis ist, einen Unternehmer zu finden, der die neu entwickelte Spezialtechnik produziert und vertreibt. Dies hängt u.a. auch damit zusammen, dass die Landmaschinenhersteller zunehmend fusionieren. Bedingt durch knappe Finanzen und den allgemeinen Trend, die Agrarforschung an den Universitäten zugunsten neuer Forschungsbereiche (z.B. Bionik) abzubauen, ist zukünftig mit einer weiteren Reduzierung der Forschungskapazitäten auch im Bereich Agrartechnik zu rechnen. Die Innovationssituation in der privatwirtschaftlichen Landtechnik ist im Allgemeinen jedoch nicht schlecht. Die Landmaschinenhersteller orientieren sich mit ihren Produktentwicklungen verstärkt am europäischen bzw. globalen Absatzpotenzial für Agrartechnik. Nicht relevant ist dabei, ob die angebotene Technik im konventionellen oder ökologischen Landbau eingesetzt wird. Aufgrund des zwar steigenden, aber gegenwärtig noch bescheidenen Marktanteils des Ökolandbaus stehen bei der Entwicklung neuer Agrartechnik die Anforderungen des konventionellen Landbaus im Vordergrund. Es gibt aber auch einige mittelständische Unternehmen (z.B. Fa. Kress) und teilweise auch größere Unternehmen (z.B. Amazonen-Werke), die Interesse an der Entwicklung von Spezialtechniken für den Ökolandbau gezeigt haben bzw. zeigen. Infolge der Anforderungen von Agrarpolitikern, Naturschützern und Verbrauchern nach einer insgesamt umweltschonenden Landbewirtschaftung werden von den Landtechnikherstellern vermehrt Techniken zur natur- und ressourcenschonenden Bewirtschaftung angeboten, die auch für den ökologischen Landbau von Interesse sind. Beispiele sind die Entwicklung und der Einsatz des Zweischichtenpfluges (als Alternative zum Scharpflug) und der Schichtengrubber zur nicht wendenden (minimalen) Bodenbearbeitung. Eine Ergänzung zur institutionellen Forschung stellt das so genannte on farm research dar, d.h. die Durchführung von Praxisversuchen im eigenen Betrieb. Diese ermöglichen es dem Landwirt, etwa im Vorfeld betrieblicher Anpassungen (an neue Technik, Sorten, Betriebsmittel u.a.) Erkenntnisse über die spezifischen Standort- und Betriebsverhältnisse zu gewinnen. Je geringer die Anbaubedingungen standardisiert sind – dies trifft auf den ökologischen Landbau besonders zu –, desto weniger können die Ergebnisse aus der institutionellen Forschung auf die Praxis über-



tragen werden. Im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau wurde ein »Leitfaden für Praxisversuche« erstellt, der grundlegende Informationen darüber enthält, wie ein nicht wissenschaftlich ausgebildeter Landwirt in seinem Betrieb einfache Versuche anlegen kann, die einem Mindestmaß an wissenschaftlichen Anforderungen genügen (Wilbois et al. 2004).





AGRARTECHNIK IM ÖKOLOGISCHEN LANDBAU¹⁶

III.

Die im ökologischen Landbau eingesetzte Technik ist in weiten Teilen identisch mit der Agrartechnik des konventionellen Landbaus. Eine vergleichbare Ausstattung an Agrartechnik findet sich etwa bei der Erzeugung von Getreide und Kartoffeln sowie bei der Gewinnung von Futter aus dem Grünland. In einigen Bereichen finden sich jedoch deutliche Unterschiede in der Anwendung von Agrartechnik, etwa bei der Bodenbearbeitung, Unkrautregulierung und Ausbringung von Festmistdüngern (Tab. 3) sowie teilweise auch in der Breite der eingesetzten Technikpalette (z.B. Lagerung und Aufbereitung der Produkte).

TAB. 3: UNTERSCHIEDE IN DER AGRARTECHNIKAUSSTATTUNG ZWISCHEN ÖKOLOGISCHEM LANDBAU UND KONVENTIONELLER LANDWIRTSCHAFT

deutliche Unterschiede	geringe Unterschiede	keine/kaum Unterschiede
Unkrautbekämpfung	Grundbodenbearbeitung	Schlepper
Pflanzenschutz	Saattechnik	Erntetechnik
Festmistausbringung	Gülleausbringung	Transporte
Saatgutbehandlung	Düngung	Stoppelbearbeitung
	Futterbergung	Saatbettbereitung

Quelle: eigene Darstellung

In der Regel werden – soweit dies möglich ist – diejenigen pflanzenbaulichen Techniken eingesetzt, die auf dem Betrieb aus der Zeit vor der Umstellung bzw. allgemein verfügbar sind. Sofern erforderlich, passen die Ökolandwirte teilweise in Eigenregie den vorhandenen Maschinenpark an die spezifischen Anforderungen des Ökolandbaus an.

Im Folgenden soll ein Überblick über die Agrartechnik gegeben werden, die im ökologischen Pflanzenbau derzeit üblicherweise verwendet wird. Darüber hinaus wird auf die wesentlichen Unterschiede im Technikeinsatz zwischen ökologischer und konventioneller Wirtschaftsweise eingegangen.

¹⁶ Die Ausführungen in diesem Kapitel basieren im Wesentlichen auf den Gutachten von Hahn et al. (2003) sowie von Zerger/Zehr (2003).



TRAKTOREN UND TRANSPORTFAHRZEUGE

1.

Traktoren zählen im ökologischen Landbau wie in der konventionellen Landwirtschaft zu den zentralen Arbeitsmaschinen. Sie sind häufig front- und heckseitig mit Kraftheber und Zapfwelle ausgerüstet und besitzen verschiedene Geräteanhangungen. Je nach Art der angebauten, angehängten oder angetriebenen Geräte oder Maschinen können Traktoren so für die unterschiedlichsten Arbeiten eingesetzt werden. Oft besitzen sie auch eine Ladefläche, so dass sie auf dem Betrieb auch zum Transport der landwirtschaftlichen Güter verwendet werden können. Typisches Transportfahrzeug in der Landwirtschaft ist jedoch der Anhänger.

Die am Markt verfügbaren Modelle von Traktoren und Transportfahrzeugen genügen im Wesentlichen den Anforderungen, die in ökologisch wirtschaftenden Betrieben an sie gestellt werden. Es existieren Bauarten, die für spezifische Anwendungen des Ökolandbaus benötigt werden, d.h. die beispielsweise gute Sichtverhältnisse bei Hackarbeiten erlauben. Zweckmäßige Sonderausstattungen, etwa eine bodenschonende Bereifung (Breit- bzw. Niederdruckreifen) sind ebenfalls verfügbar. Bei der Neuanschaffung entsprechender Maschinen stehen für den Landwirt die folgenden Aspekte im Vordergrund: Leistungsfähigkeit und Komfort, Angepasstheit an die betrieblichen Anforderungen (z.B. Fahrwerk), Flexibilität beim Einsatz (z.B. durch heck- und frontseitigen Zapfwellenantrieb) sowie ihre Eignung zur Integration neuer Technologien (z.B. GPS).

SAATGUTBEHANDLUNG

2.

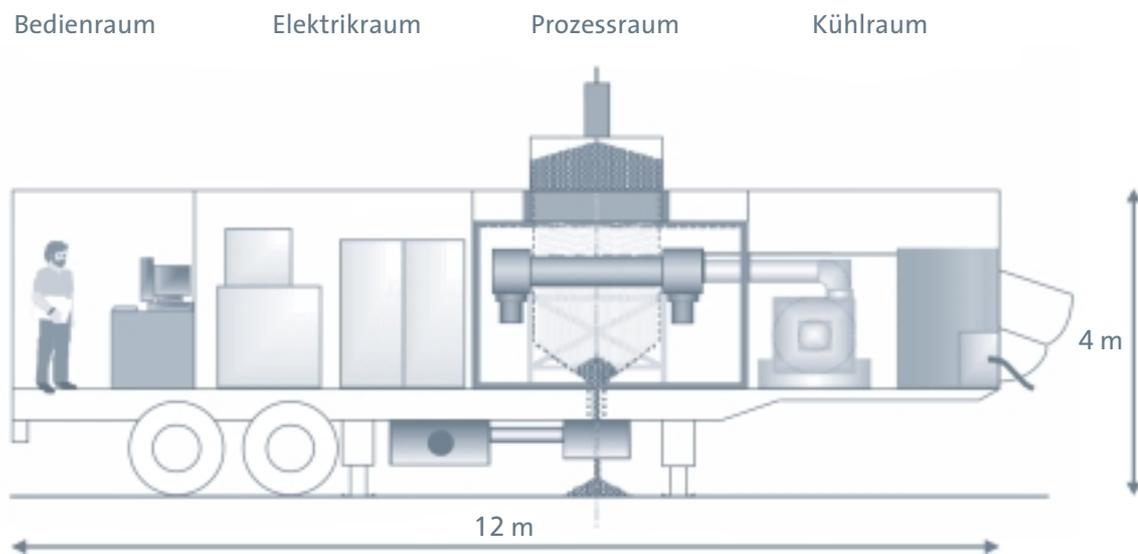
Zur Bekämpfung von samenbürtigen Krankheiten wird Saatgut einer speziellen Behandlung (Beizung) unterzogen. Da die chemische Beizung im ökologischen Landbau nicht erlaubt ist, kommen hier nur physikalische Verfahren zur Anwendung. Dabei stehen die Heiß- und Warmwasserbehandlung im Mittelpunkt. Diese Verfahren können als ebenso wirksam wie die chemische Beizung angesehen werden. Allerdings stehen bisher keine leistungsfähigen Anlagen zur Verfügung, die eine Rücktrocknung des behandelten Saatgutes gewährleisten.

In jüngster Zeit ist ein Verfahren zur Saatgutbehandlung mit niederenergetischen Elektronen – die so genannte e-Beizung – zur Anwendungsreife gebracht worden, eine Entwicklung des Fraunhofer-Instituts für Elektronenstrahl- und Plasmatechnik Dresden in Zusammenarbeit mit der Schmidt-Seeger AG Beilngries. Dabei wird das Saatgut in einer mobilen Elektronenbehandlungsanlage einer entsprechenden Elektronenstrahlung ausgesetzt (Abb. 5). Die Elektronen führen zu einer Schädigung der Erbsubstanz der Krankheitserreger und töten diese so ab. Da ihre Eindringtiefe in



das umgebende Gewebe gering ist, beeinträchtigen sie den Kulturpflanzen-Embryo nicht. Anbauvergleiche belegen, dass die Elektronenbehandlung an Atmosphärendruck bei Feldaufgang, Bestandesentwicklung und Erträgen mit der chemischen Beizung vergleichbar ist. Die variablen Kosten für Energie und Wartung für die gegenwärtig zur Verfügung stehende Anlage belaufen sich auf 3,50 Euro/t (vgl. Tigges 2003). In der biologisch-dynamischen Wirtschaftsweise nach den Richtlinien des Demeter-Verbandes ist der Einsatz der e-Beizung allerdings nicht erlaubt (Demeter 2002). In den anderen Ökolandbau-Verbänden ist das Verfahren noch in der Diskussion; vorübergehend hat z.B. Bioland eine Zulassung für die Behandlung von bestimmten Problempartien bis Ende 2004 ausgesprochen. Vom Hersteller wird derzeit eine Zulassung der e-Beizung im Rahmen der EU-Öko-Verordnung angestrebt (Röder 2004).

ABB. 5: SCHEMATISCHE DARSTELLUNG DER MOBILEN ANLAGE ZUR BEHANDLUNG VON SAATGUT MIT ELEKTRONEN



Quelle: <http://www.e-ventus.de>

Bei Kartoffeln empfiehlt sich die Verwendung von vorgekeimtem Pflanzgut, um die Zeitspanne vom Legen bis zum Aufgang möglichst kurz zu halten. Für das Vorkeimen stehen Vorkeimkisten und -säcke mit herkömmlichen Bügelpaletten oder speziellen Traggestellen in verschiedenen Größen zur Verfügung.



BODENBEARBEITUNG

3.

Der Pflug, eines der wichtigsten Geräte zur Grundbodenbearbeitung allgemein, hat sich auch im ökologischen Landbau etabliert. Seine Wirkung beruht auf den Einzeleffekten Wenden, Lockern, Krümeln, Mischen, Formen der Bodenoberfläche und Ausräumen der Furche (Alsing 1992, S. 475). Die meist verwendete Bauform ist dabei der Streichblech- oder Scharpflug. Während im ökologischen Pflanzenbau der Einsatz des Pfluges zur wendenden Grundbodenbearbeitung und -lockerung derzeit an den meisten Standorten unverzichtbar ist, geht der Trend in der konventionellen Landwirtschaft in Richtung nicht wendende Grundbodenbearbeitung. Auch im ökologischen Landbau wird – wenn möglich – von dieser Form der Bodenbearbeitung Gebrauch gemacht. Hierzu wird meist der Schichtengrubber eingesetzt. Dieser hat den Vorteil, dass er die natürliche Schichtung des Bodens nicht zerstört. Durch seinen Einsatz können die Bodenfauna aktiviert sowie der Humusgehalt und die Krümelstabilität des Bodens erhöht werden. Aufgrund des geringeren spezifischen Zugkraftbedarfs sind eine höhere Arbeitsgeschwindigkeit wie auch eine größere Arbeitsbreite als beim Scharpflug möglich. Bezogen auf den einzelnen Arbeitsgang kann so kostengünstiger und energiesparender gearbeitet werden. Ein Nachteil des Schichtengrubbers besteht darin, dass er bei der Unkrautregulierung eine geringere Wirksamkeit besitzt als der Scharpflug.

Der Zweischichtenpflug stellt gewissermaßen einen Kompromiss zwischen den beiden oben genannten Verfahren zur Bodenbearbeitung dar. Durch ein kurzes, steiles Wendeschar werden hier lediglich die oberen 10 bis 15 cm des Bodens gewendet, während der darunter liegende Boden mittels einer Lockerschar bis in etwa 25 cm Tiefe gelockert wird.

BESTELLUNG

4.

Die Verfahren der Saatbettbereitung im ökologischen Landbau sowie die entsprechende Agrartechnik hängen stark von der jeweils angebauten Kultur ab. Hier soll nur auf einige Beispiele eingegangen werden. Im Getreideanbau sind sowohl nach Grubber- als auch nach Pflugeinsatz kombinierte Geräte üblich. Bei Anbausystemen mit Pflugfurche dominieren Schleppschare, während in Systemen mit Grubbereinsatz Scheibenschare zum Einsatz kommen. Dabei stehen immer stärkere Maschinen mit aktiven Werkzeugen im Vordergrund (z.B. Kreiseleggen oder Zinkenrotoren), da sie eine bessere Steuerung des Bearbeitungseffekts ermöglichen, als dies mit gezogenen Saatbettkombinationen erreicht wird. Außerdem können mit diesen Maschinen die bestehenden Kapazitätsansprüche besser erfüllt und Zeit und Kosten gespart werden.



Drillsaat bleibt im Ökolandbau das vorherrschende Aussaatverfahren, Band- und Breitsaatverfahren kommen nur in geringem Umfang zum Einsatz. Zur Aussaat werden Drillmaschinen mit mechanischer und pneumatischer Saatgutförderung eingesetzt, wobei mit einer verstärkten Nutzung von pneumatischen Drillmaschinen mit angepasster Sätechnik gerechnet wird. Beim Maisanbau können Grubber- und Mulchsaat als Verfahren der konservierenden Bodenbearbeitung angewandt werden. Meist wird hier die Saatbettbereitung durch Kreiselegen mit der Aussaat durch Einzelkornsämaschinen kombiniert. Beim Anbau von Möhren hat in den letzten Jahren der Dammanbau den Beetanbau verdrängt. Dabei kommen Dammformer zum Einsatz, welche die Dämme im Abstand von 45 bis 75 cm aufwerfen.

Spätsaaten sind bei Wintergetreide vor allem in Norddeutschland im ökologischen Landbau verbreitet. Der späte Aussattermin wird in der Regel gewählt, da im Herbst wegen der kühleren Witterung mit einem geringeren Unkrautdruck zu rechnen ist. Die Unkrautregulierung kann dann durch wiederholte Saatbettbereitung mit leichten, gezogenen Saatbettkombinationen erreicht werden. Spätsaaten benötigen einen höheren Aufwand an Saatgut, da bei später Aussaat die Bestandesentwicklung naturgemäß geringer ist und die angestrebte Dichte der ährentragenden Halme zur Ernte durch mehr Pflanzen bei geringerer Bestockung erreicht werden muss. Bei der Biodirektsaat erfolgt die Ansaat von Getreide in eine Kleenarbe, was einerseits die Entwicklung von Unkräutern unterdrücken und andererseits die Stickstoffversorgung des Getreides sichern soll. Es kommen Direktsämaschinen mit Dreischeibenscharen zum Einsatz. Das System kann eine Kosteneinsparung erreichen, die allerdings auch mit Einbußen im Ertrag verbunden sein kann. Eine Belüftung des Bodens, etwa mit Hilfe eines Geräts mit passiv rotierenden Werkzeugen, kommt dem Erfolg des Anbaus zugute. Anders als bei Getreide wird beim Anbau von Körnerleguminosen im ökologischen Landbau keine verstärkte Hinwendung zur konservierenden Bodenbearbeitung mit Pflugverzicht beobachtet, u.a. wegen der geringen Konkurrenzkraft der Körnerleguminosen gegenüber den Unkräutern.

DÜNGUNG

5.

Mineraldüngerstreuer spielen im ökologischen Landbau keine Rolle, da die Düngung mit leicht löslichen mineralischen Düngemitteln nicht erlaubt und eine Grunddüngung mit schwerlöslichen mineralischen Düngern eher selten ist. Stattdessen kommen Geräte zum Einsatz, mit deren Hilfe die im Ökolandbau gebräuchlichen Wirtschaftsdünger ausgebracht werden können. Die Ausbringung fester organischer Dünger spielt im Ökolandbau eine deutlich größere Rolle als im konventionellen Landbau, wo aufgrund der Tierhaltungsverfahren überwiegend flüssige Wirtschaftsdünger (Gülle) anfallen, deren Ausbringung technisch weniger anspruchsvoll



ist. Im Ökolandbau überwiegt dagegen die Ausbringung von Festmist mit Miststreuern, die sich durch eine möglichst große Streubreite sowie ein gleichmäßiges Streubild auszeichnen sollen. Für die Ausbringung von Kompost werden bevorzugt Breitstreuwerke mit zusätzlichen Verteilteilern verwendet. Wird mit Gülle und Gärrückständen aus Biogasanlagen gedüngt, bestehen im Ökolandbau besonders hohe Anforderungen an eine bodenschonende, emissionsarme und grundwasserschützende Ausbringung. Herkömmliche Tankwagen mit Schleppschlauchsystemen genügen diesen Anforderungen weitestgehend. Das Schleppschlauchverfahren bringt darüber hinaus den Vorteil, dass es eine hohe Ausnutzung des in der Gülle enthaltenen Stickstoffs erlaubt. Ladegeräte und Verteilfahrzeuge stehen in großer Vielfalt aus der konventionellen Landwirtschaft zur Verfügung. Auch Teilbreitenschaltung und die Ansteuerung einzelner Schläuche werden angeboten. Verfahren der Verschlauchung und Verrohrung bieten zwar gute Möglichkeiten der Ausbringung in wachsenden Beständen, gelten aber als zu aufwändig. Auch Bodeninjektoren, eine Kombination von Grubber und Schlauchsystem, finden bisher keine große Anwendung. Dabei können Gülle oder Jauche direkt in den Boden eingebracht werden, weshalb das Verfahren als ökologisch vorteilhaft gelten kann. Einer Nutzung stehen jedoch geringe Flächenleistungen und hohe Kosten entgegen.

UNKRAUTREGULIERUNG

6.

Durch den Verzicht auf den Einsatz der im konventionellen Landbau verbreiteten synthetischen Herbizide ergeben sich im Ökolandbau gänzlich andere Anforderungen an die Verfahren zur Unkrautregulierung. Neben der zentralen Bedeutung aller vorbeugenden Maßnahmen kommen direkte und thermische Verfahren in Frage. Die Verfahren der mechanischen Unkrautregulierung nehmen im ökologischen Landbau gegenwärtig den breitesten Raum ein, da sie gegenüber den thermischen Verfahren einen geringeren Energieeinsatz verlangen. Dabei werden v.a. Striegel und Hacken eingesetzt. Striegel sind gezogene Geräte mit starren oder gefederten Zinken, deren Druck z.T. verstellbar sein kann. Sie wirken vor allem durch Verschütten bzw. Ausreißen der Unkräuter. Die Vorteile des Striegels liegen in einem geringen Zug- und Hubkraftbedarf, einer großen Arbeitsbreite sowie einer einfachen Bauweise. Nach Bauart unterscheidet man Gliederegge, Federzinken-Striegeleggen mit beweglichem Rahmen sowie Striegeltypen mit starrem Rahmen. Schwere, verkrustete Böden sollten vor dem Striegeln aufgebrochen werden, z.B. mit Prismen- oder Cambridgewalzen. Striegel kommen beispielsweise im Getreideanbau zum Einsatz, wenn Reihenabstände von mindestens 12 cm vorliegen.

Soll Getreide gehackt werden, sind Reihenabstände von mindestens 17 cm nötig. Auf dem Gebiet der Hacken ist eine Vielzahl von Einzelgeräten verfügbar. Schar-



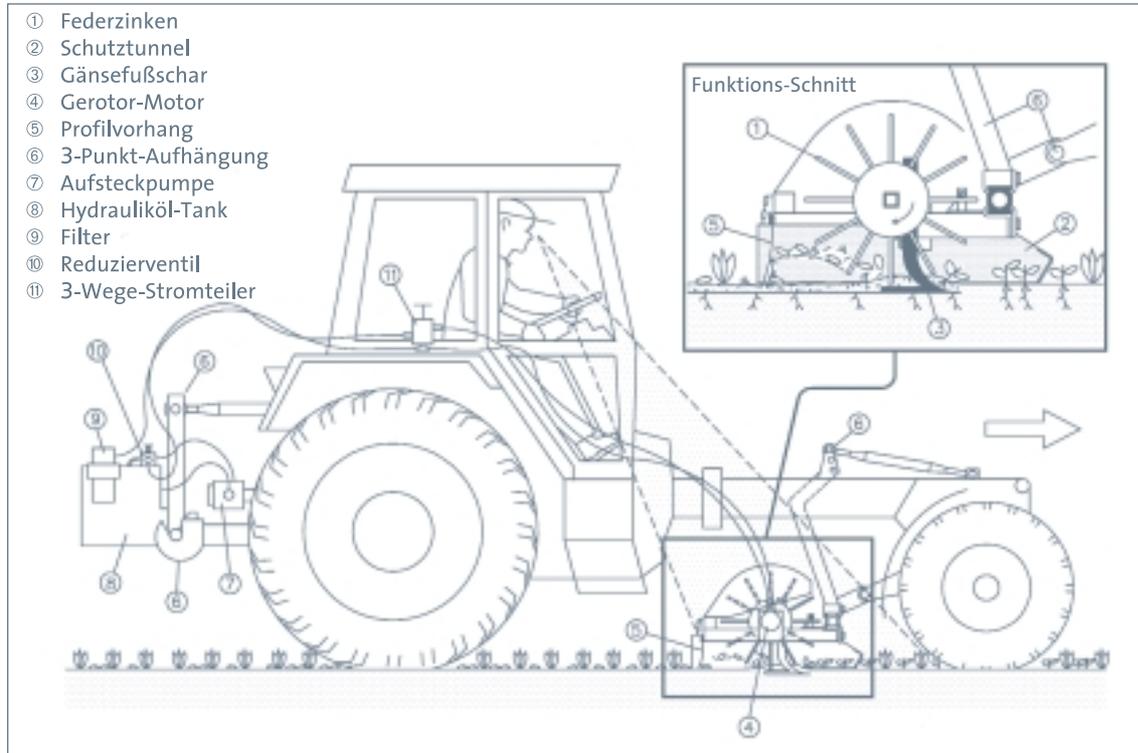
hackgeräte können mit sehr unterschiedlichen Zinkenformen eingesetzt werden (gefederte oder starre Zinken, Vibromesser). Diese sind an einem Rahmen über Parallelogramme oder Teleskope aufgehängt und werden flach durch den Boden gezogen. Als Scharformen sind Winkelmesser und Gänsefußschare bekannt. Die Wirkung der Scharhackgeräte besteht im Abschneiden und Verschütten von Unkrautpflanzen. Die Rollhacke gehört zu den bodenangetriebenen Hackgeräten. Schräg zur Bearbeitungsrichtung angeordnete Hacksterne rotieren dabei im Bereich zwischen den Kulturpflanzenreihen. Indem die Sterne schräg zur Bearbeitungsrichtung stehen, wird eine wühlende Arbeitsweise erreicht, die ein An- und Weghäufeln ermöglicht. Geräte, bei denen in einer Hackgruppe vier Sterne auf einer Welle rotieren, sind nur für weitreihige Flachkulturen geeignet. Vielseitiger einsetzbar sind Geräte, bei denen die Sterne einzeln aufgehängt sind. Sie finden sowohl im Flach- als auch im Dammanbau (z.B. bei Kartoffeln oder Möhren) Verwendung. Bei fast allen Fabrikaten ist der zusätzliche Einbau von Gänsefuß- oder Lockerungsscharen zur Bearbeitung vor den Sternen möglich. Dadurch wird eine Auflockerung des Bodens sowie eine schneidende Wirkung gegen tief wurzelnde Unkräuter erreicht. Fingerhacken dienen der Entfernung von Unkräutern sowohl zwischen als auch in den Reihen. Dabei rotieren beiderseits der Kulturpflanzenreihe Kunststoff-Fingersterne, die Unkräuter in der Reihe selektiv entfernen, während zwischen den Reihen Gänsefußschare arbeiten.

Eine Neuentwicklung im Bereich der bodenangetriebenen Geräte stellt die Bügelhacke dar. Sie wird im Zwischenachsenbau am Geräteträger angebaut und dient der Unkrautregulierung im Bereich zwischen den Reihen. Auf zwei hintereinander angeordneten Wellen sind gebogene Drahtbügel angebracht, die bei unterschiedlicher Rotationsgeschwindigkeit der Wellen kleine Unkräuter und Keimfäden aus dem Boden herausziehen (Kolbe/Petzold 2002). Die Weihenstephaner Trennhacke arbeitet mit einer Kombination von gezogenen und angetriebenen Geräten (Abb. 6). Unkräuter zwischen den Reihen werden zunächst von Gänsefußscharen unter schnitten, darüber angeordnete rotierende Zinken zerkleinern daraufhin die Bodenschollen und werfen die Unkräuter enterdet nach hinten ab. Dadurch soll das Vertrocknen der Unkrautwurzeln sichergestellt und ein Wiederanwachsen von verschütteten Unkräutern verhindert werden. Ein weiterer Vorteil der Trennhacke besteht darin, dass sie auch bei hoher Bodenfeuchte und großen Unkräutern verwendet werden kann (Weber/Meyer 1997). Auch die sensorgesteuerte Querhacke, eine Entwicklung der Fachhochschule Osnabrück in Kooperation mit den Amazonen-Werken Hasbergen, stellt einen viel versprechenden neuen Ansatz zur mechanischen Unkrautregulierung dar (Abb. 7).



ABB. 6:

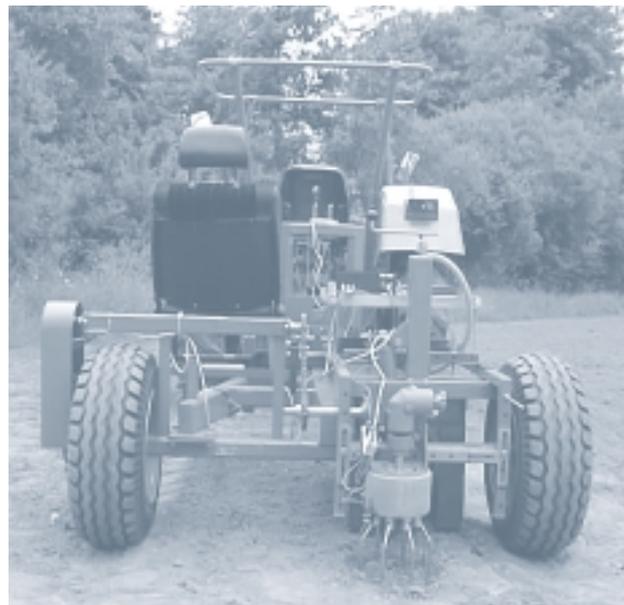
WEIHENSTEPHANER TRENNHACKE



Quelle: Rothmund 2004

ABB. 7:

SENSORGESTEUEuerte QUERHACKE



Quelle: Ruckelshausen 2004



Die Sensorik soll innerhalb der Reihe Unkräuter von Kulturpflanzen unterscheiden und somit einer mechanischen Bekämpfung zugänglich machen. Dies bewerkstelligt eine so genannte Zykloidenhacke mit acht senkrecht stehenden Hackkörpern. Einer kommerziellen Fertigung und Vermarktung der Trenn- und Querhacke stehen bislang jedoch zu hohe Kosten bzw. eine zu geringe Schlagkraft entgegen.

Welche Technik in der Praxis eingesetzt wird, hängt von den Ansprüchen der Kulturpflanze, dem Bodenzustand sowie dem Bearbeitungszeitpunkt ab. Die möglichst exakte Einstellung und Handhabung der Technik ist für den Bekämpfungserfolg entscheidend. Die mechanische Unkrautbekämpfung sollte grundsätzlich zu einem möglichst frühen Zeitpunkt (Keim- bis Vierblattstadium) stattfinden, wobei in vielen Fällen eine mehrmalige Regulierung erforderlich sein kann. Gegen Wurzelunkräuter helfen die mechanischen Bekämpfungsverfahren nur bedingt. Hier ist vielmehr eine Gesamtstrategie erforderlich, die neben Bodenbearbeitungsmaßnahmen vor allem die optimale Gestaltung der Fruchtfolge und gezielte Begrünungsansätzen vorsieht. Mit der Verfügbarkeit einer präzisen Technik zur Unkrautbekämpfung wäre auch ein ökologischer Anbau von Zuckerrüben möglich. Die Nachfrage nach ökologisch erzeugten Zuckerrüben scheitert bislang u.a. daran, dass das Produktionsverfahren des konventionellen Landbaus (monogermes Saatgut, Herbizidbehandlung zur Unkrautbekämpfung) nicht für den Ökolandbau geeignet ist. Zurzeit muss hier auf eine Technik zurückgegriffen werden (z.B. Gänsefußschare), die seit langem nicht mehr weiterentwickelt wurde und deshalb unzureichend hinsichtlich der heutigen Anforderungen ist.

Im Bereich der thermischen Verfahren ist das *Abflammen* bis zur Anwendungsreife gelangt. Der Schwerpunkt liegt dabei auf Vorauflaufverfahren, besonders bei langsam keimenden Kulturen wie Möhren und Petersilie, und in der selektiven Unkrautbekämpfung bei Reihenkulturen wie Zwiebeln, Mais oder im Obstbau. Ein Vorteil des Abflammens besteht darin, dass das Bodengefüge – entsprechend den Grundsätzen des ökologischen Landbaus – nicht gestört wird. Außerdem wird ein Neukeimen von Unkrautsamen im Boden unterdrückt, da anders als bei mechanischen Verfahren kein Lichtreiz ausgelöst wird. Allerdings ist das Abflammen mit einem hohen Energiebedarf und entsprechend hohen Kosten verbunden. Weitere Nachteile sind die geringe Arbeitsgeschwindigkeit (zwei bis vier km/h) sowie die Abhängigkeit von Witterungsverhältnissen. Wegen der hohen Kosten wird das Abflammen der Unkräuter nur bei besonders lukrativen Gemüsekulturen eingesetzt. Die Betriebskosten steigen durch den Einsatz des Flüssiggases auf weit über das zehnfache der mechanischen Unkrautregulierung. Eine Neuentwicklung stellt der *Low Temperature Weeder* (LTW) dar, der sich durch einen geringeren Energiebedarf und eine höhere Arbeitsgeschwindigkeit auszeichnet. Bei diesem Gerät zirkuliert ein Heißluftstrom in einem gut isolierten Kreislauf aus Blechkanälen. Dieser ist zum Boden hin auf einer Länge von zwei Metern offen und entlässt dort die Heiß-



luft zu den Unkräutern. Bei Anwendung von Heißdampf anstelle von Heißluft ist die Wärmeregulierung durch Beimischung von Luft leichter zu handhaben; außerdem wird jegliche Brandgefahr vermieden.

Schließlich sei noch der Einsatz von *Feuchtmulch* zur Unkrautregulierung erwähnt. Das Ausgangsmaterial für dieses Produkt ist ein durch Heißextrusion aufgeschlossenes Rest- oder Abfallholz, dem verschiedene Vernetzungsmaterialien beigemischt werden. Neben der unkrautunterdrückenden Wirkung trägt die Verwendung von Feuchtmulch auch zum Erosionsschutz und zur Bodenverbesserung bei. In speziellen Fällen können beigegebene Duftstoffe beispielsweise auch Schneckenfraß an Gemüsekulturen verringern. Aus Japan sind auch Verfahren mit Mulchmaterial aus Recycling-Papier oder Baumwollresten bekannt (Hashimoto 2003).

ERNTE

7.

Der *Mähdrescher* ist die Standard-Erntemaschine für alle dreschbaren Körnerfrüchte, d.h. insbesondere für Getreide und Körnerleguminosen (Ackerbohne, Erbse, Wicke, Lupine). Technisch bieten moderne Mähdrescher auch für den ökologischen Landbau alle wesentlichen Voraussetzungen für eine verlustarme, schlagkräftige Ernte. Bestände und Erntegut im Ökolandbau unterscheiden sich allerdings von denen des konventionellen Landbaus darin, dass sie stärker mit Unkräutern besetzt sind. Daraus ergeben sich Probleme wie eine mangelhafte Reinigungsleistung sowie das Fehlen von Vorrichtungen zum Ausschleusen der Unkrautsamen, auf die weiter unten genauer eingegangen wird. In Fällen starker Verunkrautung kann der *Zweiphasendrusch* zum Einsatz kommen. Wenngleich in der Praxis gute Ergebnisse erzielt wurden, hat sich eine größere Anwendungsbreite bislang nicht ergeben. Soll kein Stroh für die Tierhaltung geborgen werden, so ist insbesondere beim Mähdrescher auf eine möglichst gute Arbeitsqualität des Häckslers zu achten, da im Ökolandbau i.d.R. kein zusätzlicher Stickstoff zur Beschleunigung der Strohrotte gegeben wird. Bei der *Kartoffelernte* kommen ebenfalls spezielle agrartechnische Lösungen zur Anwendung. Diese haben neben der Nacherntebehandlung einen erheblichen Einfluss auf die Kartoffelqualität. Im ökologischen Landbau sind – ebenso wie in der konventionellen Landwirtschaft – *Rodelader* mit integrierten Trennprozessen bestimmend. Auch für andere Kulturen ergeben sich in der Ernte und Nachernte keine wesentlichen Unterschiede in den Technikanforderungen.

Der Futterbau verknüpft im Ökolandbau Pflanzenbau und Tierhaltung miteinander und übernimmt damit eine zentrale Rolle für die Wahrung möglichst geschlossener Stoffkreisläufe. Neben dem Dauergrünland sichert der Feldfutterbau die Futtergrundlage für die tierische Erzeugung. Die Stickstoff-Fixierungsleistung von Leguminosen ist im Feldfutterbau besonders ausgeprägt, weshalb Leguminosen-Fut-



ter(-Gemenge) ein tragendes Glied in der Fruchtfolge sind. Bei den Verfahren der Futterbergung wird meist die vorhandene Erntetechnik aus dem konventionellen Landbau (z.B. Feldfutterbau mit Kreiselheuer und Kreiselschwader) verwendet. Diese Techniken sind jedoch wenig geeignet, eine verlustarme, qualitätserhaltende und naturschonende Ernte von leguminosenreichem Grünfutter mit einem möglichst hohen Blattanteil im Erntegut durchzuführen.

SPEZIALTECHNIKEN

8.

Früher zutreffende Besonderheiten des Ökolandbaus, v.a. kleinere Schlaggrößen, ein größerer Anteil manueller Arbeit oder Investitionsschwäche der Betriebsinhaber, gehören der Vergangenheit an. Andere Merkmale, die stärker dem ökologischen Landbau zugerechnet wurden, wie z.B. eine schonende Bodenbearbeitung, haben in der konventionellen Landwirtschaft inzwischen nahezu denselben Stellenwert erlangt. Ein Großteil der im ökologischen Landbau eingesetzten Technik – etwa 70 bis 80 % – ist daher mit der konventionellen Agrartechnik identisch. In manchen Bereichen bestehen jedoch auch größere Unterschiede hinsichtlich der Techniknutzung, besonders bei Bodenbearbeitung, Unkrautregulierung und Düngung. Genügen die verfügbaren Serienmaschinen den spezifischen Anforderungen des Ökolandbaus nicht, werden durch den Hersteller oder – häufiger – durch den Anwender Anpassungen vorgenommen. Spezialmaschinen bilden die Ausnahme. Viele technische Entwicklungen haben bisher das Stadium des Prototyps nicht überschritten, z.B. der Pneumat (ein Gerät zur pneumatischen Unkrautbekämpfung in Reihenkulturen) oder die Sensorhacke für Reihenkulturen zur selektiven Unkrautbekämpfung in der Reihe.

Ein Grund für den geringen Einsatz von Spezialtechnik dürfte darin liegen, dass die Investitionskosten für Spezialmaschinen je Leistungseinheit in der Regel deutlich höher liegen, als dies für die in großen Losgrößen hergestellte Standardtechnik für den konventionellen Landbau der Fall ist. Ökolandwirten, die die Leistungen von Lohnunternehmern oder Maschinenringen in Anspruch nehmen, könnte ein Vorteil daraus erwachsen, dass sie hierdurch Zugang zu diesen Spezialmaschinen bekommen. Generell ist der Zugang zu Spezialtechniken für den Ökolandbau derzeit jedoch erschwert, weil entsprechende Komponenten nur von kleinen Spezialfirmen angeboten werden, während der herkömmliche Handel vor Ort diese Produkte oft gar nicht kennt. Für einige Bereiche herrscht keine echte Markttransparenz, besonders für Produkte ausländischer Hersteller. Der Umstand, dass sich nur wenige Abnehmer für die Produkte finden, erschwert die Weiterentwicklung, günstige Preise sowie den Vertrieb im In- und Ausland. Der Markt für Landtechnik im ökologischen Landbau lässt sich wie folgt untergliedern: *Nischenanbieter* bieten Spezial-



geräte an, z.B. die Firmen Kress, Hatzenbichler oder Reinert. Eher geringe Stückzahlen sind kennzeichnend für dieses Marktsegment. *Spezialanbieter* greifen einige Aspekte des Ökolandbaus auf, die in zunehmendem Maße auch für naturnah bzw. integriert wirtschaftende konventionelle Betriebe von Bedeutung sind (z.B. Verfahren zur bodenschonenden Bewirtschaftung). Beispiele sind die Firmen Horsch, Köckerling und Schmotzer. *Universalanbieter* schließlich zeichnen sich durch eine große Produktpalette aus; darunter finden sich auch Spezialmaschinen, die für den Ökolandbau von Interesse sind.



BEDARF AN AGRARTECHNIK ZUR PROBLEMBEWÄLTIGUNG IM ÖKOLOGISCHEN LANDBAU **IV.**

PROBLEMBEREICHE IN DER PRODUKTIONSTECHNIK¹⁷ **1.**

SAATGUTBEHANDLUNG **1.1**

Die Heiß- bzw. Warmwasserbehandlung als physikalische Verfahren besitzen zwar eine mit der chemischen Beizung vergleichbare Wirksamkeit, allerdings bestehen hier konkrete Anforderungen an agrartechnische Neuentwicklungen. Insbesondere leistungsfähige Anlagen, die eine Rücktrocknung des behandelten Saatgutes ermöglichen, werden benötigt. Bei Getreide (z.B. gegen Steinbrand bei Weizen) bringt eine Heißluftbehandlung bei 70 °C gute Ergebnisse. Insgesamt jedoch bieten die etablierten Verfahren zur physikalischen Saatgutbeizung unbefriedigende Lösungen.

Eine interessante Neuentwicklung der Saatgutbehandlung ist der Einsatz niederenergetischer Elektronen, die so genannte e-Beizung (Kap. III.2). Das Verfahren wurde bis zur Anwendungsreife entwickelt, ist allerdings nach den Richtlinien des Demeter-Verbandes nicht erlaubt. Bei den anderen Ökolandbau-Verbänden ist die Diskussion über ihren Einsatz noch nicht abgeschlossen. Zur Abdeckung von Wirkungslücken der e-Beizung bei hartnäckigen Pathogenen ist eine nachträgliche Behandlung des Saatguts mit biologischen Mitteln in Entwicklung.

Es besteht weiterer Forschungsbedarf im Hinblick auf eine selektive Bekämpfung entsprechender Schadorganismen, die Optimierung der Verfahren in Abhängigkeit von der jeweiligen Wirt-Parasit-Kombination sowie die Entwicklung oder Anpassung der Verfahren für bisher nicht einbezogene oder schwer zu bekämpfende Schaderreger.

BODENBEARBEITUNG **1.2**

Bei der Wahl geeigneter Verfahren und Geräte zur Bodenbearbeitung befinden sich ökologisch wirtschaftende Betriebe in einem Dilemma: Fällt die Entscheidung zugunsten der nicht wendenden Bodenbearbeitung, z.B. unter Verwendung eines Schichtengrubbers, so bleibt zwar die natürliche Schichtung des Bodens erhalten, was der Forderung nach einer Erhaltung der natürlichen physikalisch-chemischen

¹⁷ Die Ausführungen in diesem Kapitel basieren im Wesentlichen auf den Gutachten von Hahn et al. (2003) sowie von Zerger/Zehr (2003).



und mikrobiologischen Strukturen und Funktionsmechanismen gerecht wird. Allerdings muss dann mit Ertragseinbußen gerechnet werden, insbesondere durch einen hohen Unkrautdruck. Ist andererseits die wendende Bodenbearbeitung durch den Scharpflug das Verfahren der Wahl, kann zwar wegen der besseren Unkrautkontrolle von einem günstigen Einfluss auf den Ertrag ausgegangen werden. Allerdings birgt der Scharpflug im Bezug auf den Bodenschutz ein Risikopotenzial, »das unter bestimmten Standortbedingungen alle begleitenden Maßnahmen zunichte machen kann« (Hahn et al. 2003, S. 81).

Wie groß der Ertragseffekt der verschiedenen Verfahren zur Bodenbearbeitung ist, ist schwierig zu bestimmen, da die unterschiedlichen Standortbedingungen (z.B. Niederschlagsmenge und -verteilung, Temperatur) sowie betriebliche Gegebenheiten (z.B. die Versorgung mit Stickstoff durch Düngung oder Leguminosenanbau) den Einfluss der Bodenbearbeitung auf die Erträge überlagern können. Es gibt jedoch Hinweise darauf, dass sich der Scharpflug im Hinblick auf den Ertrag am positivsten auswirkt (vgl. u.a. Vakali/Köpke 2001). Als Ursache hierfür werden vor allem die mit dem Wenden und Durchmischen des Bodens verbundenen positiven Effekte hinsichtlich der Stickstoffmobilisierung bzw. der höhere Unkrautdruck auf die Kulturpflanzen bei nicht wendender Bodenbearbeitung gesehen. Eine intensive Bodenbearbeitung mit dem Scharpflug nach Leguminosen führt über die mikrobielle Mobilisierung der Ernte- und Wurzelrückstände zu einem hohen verfügbaren Stickstoffgehalt in der Ackerkrume.

Neben der weit verbreiteten wendenden Bodenbearbeitung bestehen im Ökolandbau noch weitere systemimmanente, erosionsfördernde Faktoren, vor allem ein weiterer Drillreihenabstand, die langsamere Jugendentwicklung der Kulturen wegen geringerer Stickstoffverfügbarkeit sowie ein früherer (krankheitsbedingter) Zusammenbruch von Beständen, z.B. bei Kartoffeln. Zu einem gewissen Grad können Kompromisslösungen wie der Schäl- oder Zweischichtenpflug oder aber das krummentiefe Einsetzen des Pfluges hier Abhilfe schaffen. Auch verfahrenstechnische Änderungen, etwa ein verstärktes Hinwenden zur Biodirektsaat, verspricht günstige Auswirkungen auf das Problemfeld des Bodenschutzes im Ökolandbau. Der Zweischichtenpflug steht aus Sicht des ökologischen Landbaus in Nordostdeutschland jedoch nicht mit ausreichender Arbeitsbreite zur Verfügung. Insgesamt kommen Zerger/Zehr (2003, S. 6) zu dem Schluss: »Im Bereich des Ökolandbaus, der ja ursprünglich die nicht wendende Bodenbearbeitung propagiert hatte, fehlen bislang die Bewirtschaftungskonzepte (inkl. der technischen Lösungen), um dieses Paradigma erfolgreich in der Praxis umzusetzen«.

Das hohe Gewicht vieler Landmaschinen stellt ein weiteres Problem bei der Bodenbearbeitung im ökologischen Landbau dar. Beim Befahren der Felder während der verschiedenen Produktionsschritte kann es unter der Maschinenlast zu Verdichtun-



gen des Bodens kommen. Diese wirken sich ungünstig auf eine ganze Reihe von Bodenparametern aus, z.B. die Aktivität von Bodenlebewesen oder die Speicherkapazität für pflanzenverfügbares Wasser. Kleinere Maschinen sind zwar tendenziell leichter und dadurch im Prinzip bodenschonender; aufgrund der geringen Schlagkraft besteht allerdings die Gefahr, dass die Maschinen z.T. unter nicht optimalen Bedingungen (v.a. zu nassem Boden) eingesetzt werden, wodurch wiederum Bodenverdichtungen entstehen können. Darüber hinaus bringen kleinere Maschinen einen höheren Arbeitsaufwand sowie i.d.R. höhere Kosten mit sich. Ohnehin geht auch im ökologischen Landbau der Trend seit längerem hin zu immer größeren und leistungsfähigeren Maschinen und Geräten. Eine Erhöhung der Flächenleistung mit einer Nutzung optimaler Einsatzbedingungen ist für den Ökolandbau deshalb so wichtig, weil er im Vergleich zum konventionellen Landbau über deutlich weniger alternative Regulierungsmaßnahmen verfügt.

Der Einsatz veränderter Fahrgestelle und Niederdruckreifen können einer Bodenverdichtung entgegenwirken. Es müsste außerdem überprüft werden, ob durch eine Leichtbauweise den Risiken einer nur schwer rückgängig zu machenden Bodenverdichtung abgeholfen werden könnte. Besonderes Augenmerk sollte dabei auf die verschiedenen Arbeitsgeräte gelegt werden. Auch mit verfahrenstechnischen und ackerbaulichen Maßnahmen (z.B. konservierende Bodenbearbeitung und Humusanreicherung) wird angestrebt, die Belastbarkeit des Ackerbodens zu erhöhen. Zudem sollten die Flächen nur bei geeigneten Witterungs- und Bodenverhältnissen befahren werden. Schließlich können Feld- und Straßentransport getrennt vollzogen werden.

BESTELLUNG

1.3

Bei der Sätechnik besteht von Seiten des ökologischen Landbaus Bedarf an einigen Weiterentwicklungen. So könnte bei der Saatbettbereitung durch den Einsatz zapfwellengetriebener Geräte eine Verbesserung in der Bearbeitungsqualität bei verringertem Arbeitszeitbedarf erreicht werden. Dabei ist zu beachten, dass je nach Standortbedingungen negative Auswirkungen auf die Bodenstruktur auftreten können. Inwieweit eine Kombination von Bodenbearbeitung und Aussaat auch im ökologischen Landbau zunehmen wird, hängt von den noch nicht eindeutig geklärten pflanzenbaulichen Effekten der kombinierten Bearbeitung auf das Verhalten der Unkrautpopulationen ab.

Für eine Nutzung des Breitsaatverfahrens fehlt derzeit die Technik, obwohl dieses Verfahren aus pflanzenbaulicher Sicht wegen der besseren Standraumverteilung wünschenswert wäre, auch um über einen hohen Deckungsgrad der Kulturpflanzen ein Auflaufen von Unkräutern zu verhindern. Auch sind agrartechnische Lösungen



für Untersaaten nicht in befriedigendem Maße vorhanden; diese werden jedoch gerade in Norddeutschland häufig als Ersatz für Zwischenfrüchte angebaut. Von besonderem Interesse wären Techniken, die es erlauben, für den Mischkulturanbau zwei oder mehr verschiedene Kulturen gleichzeitig abzulegen. Beim überbetrieblichen Einsatz von Sämaschinen wäre schließlich zu überprüfen, ob agrartechnische Lösungen eine zuverlässige und gründliche Reinigung der Maschinen ermöglichen können, so dass dem Problem der Vermischung mit GVO-haltigem Saatgut begegnet werden kann. Entsprechendes gilt für Erntemaschinen (s.u.).

DÜNGUNG

1.4

Anforderungen an agrartechnische Neuentwicklungen im Bereich der Düngung würden sich vor allem dann ergeben, wenn das Verfahren einer teilflächenspezifischen Düngerausbringung im ökologischen Landbau angenommen würde. Herkömmliche Universal-Stalldüngestreuer können pflanzenbaulich begründete Ansprüche nach räumlich und zeitlich bedarfsgerechter Applikation von Wirtschaftsdüngern meist nicht befriedigen. Darüber hinaus besteht noch keine technische Lösung für die direkte Injektion von Flüssigmist in Kartoffeldämme. Damit könnten die Düngewirkung verbessert und Emissionen aus dem organischen Dünger vermieden werden.

UNKRAUTREGULIERUNG

1.5

Im Bereich der Unkrautregulierung sind im Ökolandbau »die wesentlichsten Probleme enthalten, die es aus Sicht der Praxis zu lösen gilt« (Zerger/Zehr 2003, S. 17). Der durch Unkraut verursachte Ertragsverlust kann je nach Kultur 20 bis 40 % betragen. Ohne Kontrolle von Unkräutern, Krankheitserregern und Schädlingen können sogar Ertragsminderungen von über 50 % auftreten. Die beste Unkrautregulierung geschieht durch eine schnellwüchsige Kulturpflanze, die aufkeimende Unkräuter erfolgreich unterdrücken kann. Aus diesem Grund haben indirekte Maßnahmen wie Fruchtfolgegestaltung, Erhöhung der Konkurrenzkraft der Kultur (Saatgutqualität und Bestandesetablierung), Standraumzumessung (Reihenabstand, Drillrichtung), Untersaaten und Düngung einen hohen Stellenwert bei der Unkrautregulierung. Auch die Hof- und Feldhygiene sowie die Reinigung von Geräten spielen hierbei eine wichtige Rolle. Als aussichtsreiches verfahrenstechnisches Konzept kann darüber hinaus die Verwendung von Mulch gelten, wodurch gleichzeitig ein Beitrag zum Bodenschutz geleistet wird.

Allerdings spielt die Agrartechnik ebenfalls eine bedeutende Rolle bei der Unkrautregulierung. Für die exakte Steuerung der Hackverfahren zwischen den Reihen



existieren inzwischen technische Lösungen, die eine Bearbeitung von 80 % der Fläche zwischen den Reihen erlauben, ohne die Aufmerksamkeit des Fahrers ständig zu binden. Ein Bedarf an Weiterentwicklungen besteht insbesondere bei selektiven Hackverfahren innerhalb der Reihe; hier fehlt es derzeit an verfügbarer Technik, wenngleich die sensorgesteuerte Querhacke einen viel versprechenden Ansatz darstellt. Auch fehlen effektive Geräte und Verfahren zur Bekämpfung von Wurzelunkräutern. Ein Beispiel für eine recht weit entwickelte Technologie, die allerdings die Marktreife noch nicht erlangt hat, ist die Weihenstephaner Trennhacke, die eine Unkrautregulierung ohne Eingriff in das Bodengefüge ermöglicht. Mit dem Eingriff in das Bodengefüge wird der Boden stark belüftet, was zu einem beschleunigten Abbau der organischen Substanz im Boden und ggf. zu unproduktiven Nährstoffverlagerungen führen kann. Zudem ist der Boden einer erhöhten Erosionsgefahr ausgesetzt. Generell ist zu beachten, dass neuere agrartechnische Entwicklungen den Anforderungen des ökologischen Landbaus oft nur bedingt genügen, da sie zu hohe Achslasten, eine schlechte Sicht auf die Arbeitsgeräte oder einen hohen Treibstoffverbrauch mit sich bringen.

PFLANZENSCHUTZ

1.6

Die Anwendung direkter Verfahren des Pflanzenschutzes – d.h. der Einsatz von (meist biologischen) Pflanzenschutzmitteln – ist im Ökolandbau beschränkt. Eine begrenzte Anzahl an entsprechenden Präparaten ist laut EU-Öko-Verordnung für die Anwendung im ökologischen Landbau zugelassen (Kap. II.2). Kupferhaltige Fungizide spielen dabei eine wichtige Rolle. Sie werden derzeit erfolgreich im Acker-, Wein- und Hopfenbau benutzt, insbesondere zur Regulierung der Kraut- und Knollenfäule (*Phytophthora infestans*). Allerdings wirken sie sich negativ auf den Naturhaushalt aus, indem sie sich im Boden akkumulieren und auf bestimmte Organismen (z.B. Regenwürmer) toxisch wirken. Daher unterliegt ihr Einsatz in den kommenden Jahren zunehmend restriktiven Mengenbeschränkungen (Kap. II.2). Da derzeit noch keine praktikablen Behandlungsalternativen bestehen, werden von der Applikationstechnik und den entsprechenden Verfahren Lösungen für die verlustmindernde Anwendung von Kupferpräparaten verlangt. Eine zielgenaue, verlustmindernde Applikationstechnik ist auch für andere, im ökologischen Landbau zugelassene Pflanzenschutzmittel eine interessante Option, da auch hier ggf. negative Umweltauswirkungen vermieden, Kosten eingespart sowie der Behandlungserfolg erhöht werden könnten.



Technisch sind moderne Mähdrescher auch für den Ökolandbau gut geeignet. Auf den höheren Unkrautbesatz und die daraus resultierenden Probleme kann jedoch bislang nicht angemessen reagiert werden. Zahlreiche ökologisch wirtschaftende Betriebe gaben in einer Befragung von Dihlmann (2000) an, beim Mähdrusch erhebliche Probleme mit durchwachsenden Untersaaten und Unkräutern zu haben, noch verstärkt durch die ungleichmäßige Abreife des Getreides aufgrund heterogener Bodenverhältnisse. Weniger häufig wurde die Einstellbarkeit der Mähdrescher auf geringere Erträge oder spezielle Kulturen (z.B. Dinkel) bemängelt und entsprechende Einstellhilfen gewünscht. Beim Drusch von Körnerleguminosen kommt es mitunter zu einer unzureichenden Reinigung des Erntegutes; Hederich- und Ackersensensamen werden aufgrund des geringen Dichteunterschiedes zu Ackerbohnen und Erbsen nicht von der Windreinigung erfasst. Häufig bemängelt wurde zudem die zu geringe Verteilgüte der Strohhäcksler. Die genannten Anmerkungen gelten insbesondere für den Fall, dass Lohnunternehmer mit der Ernte im ökologischen Betrieb beauftragt werden. Diese sind häufig auf die Bedingungen der konventionellen Landwirtschaft, aber nur unzulänglich auf die Erschwernisse des ökologischen Landbaus eingestellt (so kann z.B. beim Rapsdrusch aufwickelnde Kamille die Haspel blockieren).

Eine weitere Schwachstelle im Bereich der Erntetechnik betrifft die Ernte von Mischkulturen. Diese könnten im ökologischen Landbau künftig verstärkt eingesetzt werden, weil sie verschiedene Vorteile mit sich bringen, z.B. eine bessere Nutzung der Nährstoffe im Boden und eine geringere Anfälligkeit des Bestandes gegen Schädlingsbefall. Allerdings fehlen bislang Mähdrescher mit zwei- oder mehrphasigen Trennsystemen, die für die Ernte von Mischkulturen geeignet wären.

Bei der Getreideernte tritt ein weiteres, spezifisches Problem des Ökolandbaus auf: Weizen, der für die Herstellung von Backwaren verwendet werden soll, benötigt einen Rohprotein-Gehalt von mindestens 11 %. Dieser Wert wird im ökologischen Landbau jedoch häufig nicht erreicht, insbesondere aufgrund der begrenzten Verfügbarkeit von Stickstoff im Boden. Soll Qualitätsgetreide für die ökologische Backwarenherstellung erzeugt werden, kann dies zum einen durch eine Reduzierung der Bestandesdichte geschehen, etwa durch das Verfahren *Weite Reihe*. Eine zweite Möglichkeit bestünde in einer teilflächenspezifischen Ernte. Ziel dieses Verfahrens ist es, sich die Unterschiede in der Qualität des Getreides aufgrund unterschiedlicher Standortbedingungen innerhalb der Anbaufläche zunutze zu machen, um Getreide mit einem hinreichend hohen Proteingehalt getrennt vom übrigen Getreide zu ernten. Dies würde Entwicklungen der Informations- und Sensortechnik voraussetzen, auf die weiter unten genauer eingegangen wird.



Im Bereich des Futterbaus findet noch vorwiegend alte Technik Verwendung, die den Ansprüchen einer qualitativ hochwertigen Grundfutterwerbung auf dem Grünland nicht gerecht wird. So wird der Kreiselheuer bezeichnet als die »größte Heuentlaubungsmaschine, die jemals gebaut wurde«. Aus Sicht des Ökolandbaus besteht auf diesem Gebiet ein »enormer Entwicklungsbedarf« (Zerger/Zehr 2003, S. 9). Generell gilt es im Bereich der Mähtechnik, leistungsfähige und zugleich schonende Systeme zu entwickeln. Neuere Entwicklungen stammen aus der Schweiz, wo ein Doppelmesser-Mähwerk mit einem Walzenaufbereiter kombiniert wurde. Dieses System hat bei einer Arbeitsbreite von 2,80 m einen Gesamtenergiebedarf von lediglich 8 kW und ermöglicht gleichzeitig Abrocknungsergebnisse, die mit einem Scheibenmäher mit Zinkenaufbereiter vergleichbar sind (Zerger/Zehr 2003, S. 9). Der wesentliche Vorteil dieses Verfahrens besteht darin, dass bei dem verwendeten Walzenaufbereiter keine Bröckelverluste festzustellen sind. Entsprechende Forderungen werden auch an die Schwadtechnik gestellt, da die derzeit üblichen Kreiselchwader nur bedingt für eine bröckelverlustfreie Arbeit geeignet sind. Bei den üblichen Rundballenpressen wären Detailverbesserungen wünschenswert, z.B. eine Optimierung der Pick-up hinsichtlich verminderter Bröckelverluste.

TAB. 4: VERBLEIB VON UNKRAUTSAMEN BEI DER GETREIDEERNTE

Stufe	Samenanteil (in %*)
Vorernteaussfall	40**
Aufnahmeverluste	3
Korntank und 2. Reinigung	35
Schüttlerabgang mit dem Stroh	3
Reinigungsabgang mit der Spreu	14
Verbleib in der Stoppel	5

* der insgesamt bis zum Zeitpunkt der Ernte produzierten Unkrautsamen

** darunter zu 65 % Samen der problematischen Unkräuter Windhalm, Ackerfuchsschwanz und Flughäfer

Quelle: nach Kahrs 1995

Die Ernte kann auch als günstiger Zeitpunkt für die Unkrautbekämpfung angesehen werden. Mit Hilfe geeigneter Vorkehrungen könnte an dieser Stelle einer künftigen Unkrautentwicklung vorgebeugt werden. Hierfür käme z.B. der Einsatz eines zwei- oder mehrphasigen Trennsystems beim Mähdrusch in Frage, wie er für die Ernte von Mischkulturen entwickelt werden soll (s.o.). Samenunkräuter haben ge-



rade in Getreidebeständen eine große Bedeutung. Zwar verlieren die Unkräuter rund 40 % ihrer Samen schon vor dem Erntetermin, und ein Drittel der Unkrautsamen erreicht zusammen mit den Getreidekörnern den Korntank und wird bei nachfolgenden Reinigungsschritten abgetrennt (Kahrs 1995; Tab. 4). Die Spreu enthält jedoch noch rund 14 % der Unkrautsamen, die insgesamt bis zum Zeitpunkt der Ernte gebildet wurden. Ein Ausschleusen dieser Samen während der Ernte wäre daher sinnvoll. Entsprechende technische Lösungen sind bereits seit der Frühzeit des Mähdrusches bekannt. Jedoch ist die Mitführung eines speziellen Spreuwagens oder -behälters logistisch nicht unproblematisch. Der Mehraufwand durch Vermahlen, Bestrahlung oder Heißbröte der Spreu wird meist als zu hoch angesehen. Für Betriebe, die Stroh im Pressverfahren bergen, ist eine technische Lösung verfügbar, über deren reduzierende Wirkung jedoch keine Angaben vorliegen. Die Spreu wird dabei mittels einer speziellen Vorrichtung auf das Strohschwad geleitet und beim Pressvorgang aufgenommen. In der Praxis wird jedoch meist noch die ackerbauliche Lösung gewählt: Die Unkrautsamen werden nach der Ernte zum Keimen angeregt und durch Bodenbearbeitung unschädlich gemacht.

Die genannten Verfahren zielen auf die Reduzierung von Samenunkräutern ab. Wurzelunkräuter müssen anders reguliert werden. Dabei kann man sich zunutze machen, dass Pflanzen mit vegetativer Vermehrung häufig konkurrenzschwach sind und durch einen Konkurrenzpflanzenbestand ausgehungert werden können. Mit speziellen Sävorrichtungen am Mähdrusch könnte ein solcher Bestand leicht etabliert werden. Die technische Möglichkeit einer solchen Druschsaat ist gegeben, es fehlt jedoch noch an Praxiserfahrungen. Auch ein zusätzliches Tiefschnitts Schneidwerk hinter dem eigentlichen Schneidwerk beim Mähdrusch kann das Wachstum von Wurzelunkräutern unterbinden.

KULTURSPEZIFISCHE SCHWACHSTELLEN¹⁸

2.

Die herkömmliche *Futterbautechnik* wurde hauptsächlich für den Grasbau entwickelt. Im ökologischen Landbau wird jedoch im Grünland Wert auf einen hohen Anteil an Leguminosen (verschiedene Kleearten wie z.B. Weißklee sowie Wickenarten) gelegt. Hierfür wären Aufbereiter mit Walzen besser geeignet als solche mit Zinken, doch diese werden nur von wenigen Herstellern angeboten. Außerdem fehlen leistungsfähige Mähverfahren, die Kleinsäugetiere, Amphibien und Insekten schonen.

¹⁸ Die Ausführungen in diesem Kapitel basieren im Wesentlichen auf den Gutachten von Hahn et al. (2003) sowie von Zerger/Zehr (2003).



Beim *Getreideanbau* kann zunächst auf die oben genannten Schwachstellen verwiesen werden: Diese betreffen zum einen die Erzeugung von Qualitätsgetreide mit einem Rohproteingehalt von mindestens 11 %, wie er für die Backwarenherstellung erforderlich ist. Zum anderen fehlen geeignete Lösungen im Bereich der Saattechnik (Breitsaat, Mischkulturen). Auch die Bekämpfung von Wurzelunkräutern (z.B. Ackerkratzdistel, Quecke) ist bislang nicht befriedigend gelöst. Bei der Ernte von Getreide ist die Empfindlichkeit der bestehenden Technik gegenüber einer stärkeren Verunkrautung problematisch. Es sollte die Möglichkeit bestehen, Unkrautsamen bei der Mähdruschernte auszuschleusen. Schließlich sind agrartechnische Entwicklungen Voraussetzung für die Anwendung von Mischkulturen. Darüber hinaus wird der Befall mit samenbürtigen Krankheitserregern, z.B. Steinbrand (*Tilletia carius*) bei Weizen und Gerstenflugbrand, als problematisch angesehen.

Mais wird derzeit üblicherweise mit relativ weiten Reihenabständen angebaut. Dies führt wegen der langsamen Jugendentwicklung der Maispflanzen zu Erosionsproblemen. Das Problem kann jedoch durch Verfahren der konservierenden Bodenbearbeitung vermieden werden, die inzwischen an Bedeutung gewinnen. Auch wird die Entwicklung geeigneter Mulchsaatverfahren zur Vermeidung von Erosion als erforderlich angesehen. Darüber hinaus gibt es für die Unkrautregulierung in der Reihe nach wie vor keine wirksame und zugleich arbeitszeitsparende Lösung.

Kernproblem beim Anbau von *Körnerleguminosen* ist die Kontrolle der Spätverunkrautung. Verfahrenstechnische Probleme beim Leguminosenanbau treten kaum auf. Bei Erbsen bestehen mitunter erhöhte Aufnahmeverluste und Reinigungsbelastungen während des Mähdrusches, wenn in den zusammengebrochenen Beständen bereits Spätverunkrautung eingesetzt hat. Da der Monokulturanbau von Körnerleguminosen zahlreiche Nachteile aufweist (Ertragsrisiko, schwache Unkrautunterdrückung), sind neue Anbausysteme wie Mischkulturen zu entwickeln. Dabei ergibt sich, wie bereits beim Getreideanbau, ein Bedarf an geeigneter Agrartechnik zur Aussaat, Ernte und Trennung der Mischkulturen. Eine verstärkte Hinwendung zur konservierenden Bodenbearbeitung ist wegen einer i.d.R. unzureichenden Bodenstruktur nach Ernte der Vorfrüchte (meist Getreide) sowie geringer Konkurrenzkraft gegenüber Unkräutern nicht zu erwarten.

Probleme beim *Kartoffelanbau* entstehen durch einen frühzeitigen Befall mit der Kraut- und Knollenfäule (*Phytophthora infestans*), was zu einem Zusammenbrechen der Bestände führen kann. Ertragsbestimmender Faktor ist jedoch i.d.R. nicht ein Befall mit *P. infestans*, sondern die Stickstoffversorgung der Kultur (Möller 2001). Der Einsatz kupferhaltiger Präparate ist die einzige derzeit erlaubte direkte Gegenmaßnahme. Mit dem Verzicht auf den Einsatz von Kupferpräparaten wird sich das Problem noch verstärken. Ertragsausfälle können jedoch durch Vorkeimen des Pflanzguts begrenzt werden. Als Schädlinge treten bei Kartoffeln außerdem der



Drahtwurm (*Agriotes ssp. L.*), der Lochfraß in den Knollen bewirkt, sowie Kartoffelkäfer auf, die mit *Bacillus thuringiensis*-Präparaten bekämpft werden können. Die Grundbodenbearbeitung im Kartoffelanbau ist von Pflugeinsatz geprägt. Dadurch auftretende Probleme wie Stickstoffverlagerung und Bodenerosion lassen sich verfahrenstechnisch nur schwer bewältigen, da für die Dammformung während der Bestellung ein rückstandsfreier Boden angestrebt wird. Im Hinblick auf Mischsaatsysteme für Kartoffeln existieren bislang nur wenige praxisreife Lösungen.

Die geringe Konkurrenzkraft der Kultur zu Anbaubeginn ist das Schlüsselproblem beim *Möhrenanbau*. Da Möhren einen hohen Erlös erwarten lassen, werden zur Unkrautregulierung auch kostspielige und energieaufwändige thermische Verfahren angewandt. Im Hinblick auf Mischsaatsysteme bestehen bislang nur wenige praxisreife Lösungen – allerdings müssen hier vor der Agrartechnik erst die pflanzenbaulichen Grundlagen entwickelt werden. Eine wirksame Bekämpfung der Möhrenfliege ist im ökologischen Landbau derzeit nicht möglich.



ANFORDERUNGEN DES ÖKOLOGISCHEN LANDBAUS AN DIE TECHNIKENTWICKLUNG¹⁹

V.

Zur Bewertung der Entwicklung von Agrartechnik ist es zweckmäßig, einen Blick auf bestimmte Anforderungen zu werfen, die speziell von Seiten der ökologischen Landwirtschaft gestellt werden. Beim Management des ökologischen Landbausystems steht die Suche nach den Ursachen für unerwünschte Entwicklungen im Vordergrund. Ziel ist dabei die Sicherung des Anbausystems insgesamt und nicht – wie in der konventionellen Landwirtschaft üblich – ausschließlich eine Verbesserung der Arbeitseffizienz. Dazu werden im Ökolandbau verfahrenstechnische Lösungen entwickelt, die einen stark präventiven Charakter haben. Grundsätzlich gilt: »Technik muss in der Lage sein, letztlich die Systemleistung ökologischer Anbauverfahren zu optimieren bei gleichzeitiger Verminderung externen Inputs« (Zerger/Zehr 2003, S. 10). Die Forderung nach der Sicherung des gesamten Anbausystems sowie der Optimierung der Systemleistung ist deshalb auch ein wichtiges Kriterium für die Beurteilung agrartechnischer Entwicklungen: Von den Verfahren, Maschinen und Geräten wird erwartet, dass sie nicht nur eine eng umrissene Aufgabe wie z.B. die Getreideernte erfüllen, sondern dass dies unter Berücksichtigung der Auswirkungen auf das gesamte Agrarökosystem (z.B. Bodenverdichtung, Einfluss auf Nützlinge, Unkrautregulierung) geschieht.

ÖKOLOGISCHE ASPEKTE

1.

Es entspricht dem Selbstverständnis des ökologischen Landbaus, sich mit den Umweltwirkungen der eigenen Wirtschaftsweise auseinanderzusetzen mit dem Ziel, schädliche Umweltwirkungen zu vermeiden bzw. zu minimieren. Drei Aspekte sollen im Folgenden besonders erwähnt werden.

BODENSCHUTZ

Wie bereits erwähnt, ist der Boden für den ökologischen Landbau mit seinen vielfältigen Funktionen im Agrarökosystem von zentraler Bedeutung. Er dient den Pflanzen als Standort und soll eine gute Versorgung mit Wasser und Nährstoffen ermöglichen; er ist der Fahrgrund für Maschinen bei der Bewirtschaftung und soll einer Verdichtung durch die Maschinenlast ausreichend Widerstand entgegensetzen;

¹⁹ Dieses Kapitel basiert überwiegend auf dem Gutachten von Hahn et al. (2003) sowie z.T. auf der Studie von Zerger/Zehr (2003).



als Filter- und Speichermedium sowie als Lebensraum für die Bodenorganismen spielt er für verschiedene natürliche Stoffkreisläufe eine wichtige Rolle. Der Bodenschutz nimmt daher im Konzept des ökologischen Landbaus eine wichtige Position ein. Ein gesunder Boden muss nach Kahnt (2003) physikalisch, chemisch und biologisch gesund sein. Dieser Zustand soll im Ökolandbau durch eine geeignete Bodenbearbeitung erreicht bzw. erhalten werden. Entsprechende Maßnahmen sollen wesentliche physikalische Eigenschaften des Bodens, etwa den Wasser- und Lufthaushalt und die Durchwurzelbarkeit, sowie indirekt über die Belüftung des Bodens die Nährstoffumsetzung günstig beeinflussen.

Zu vermeiden sind daher im Ökolandbau zunächst sämtliche Vorgänge, die zu schädlichen Stoffeinträgen in den Boden führen. Dazu können z.B. Verluste von Treib- oder Schmierstoffen zählen. Auch Verdichtungen des Bodens durch zu hohe Maschinenlasten müssen vermieden werden. Das zentrale Problem im Bereich des Bodenschutzes liegt jedoch bei der Bodenerosion. Einige der im ökologischen Landbau etablierten Verfahren bringen massive Erosionsprobleme mit sich, insbesondere die wendende Bodenbearbeitung mit dem Scharpflug. Alternativen zu dieser Form der Grundbodenbearbeitung existieren zwar (z.B. der Schichtengrubber), jedoch führen diese zu anderen unerwünschten Effekten, insbesondere eine schlechtere Kontrolle von Unkräutern mit der Folge von Ertragseinbußen. Lichtere Bestände und der Anbau von Kulturen mit einer langsamen Jugendentwicklung (z.B. Mais) können die Erosionsanfälligkeit des Bodens verstärken. Die Anfälligkeit des Bodens für einen Abtrag durch Wind und Oberflächenabfluss muss daher von verfahrenstechnischer Seite entgegengewirkt werden.

EMISSIONSMINIMIERUNG

Der Ökolandbau muss mit seinem Anspruch, ein umweltschonendes Anbausystem darzustellen, verstärktes Augenmerk auf die Minimierung von schädlichen Stoffemissionen legen. Dabei können verschiedene Problembereiche unterschieden werden. Zum einen können Nährstoffausträge aus dem Boden ins Grundwasser und in Oberflächengewässer stattfinden. Diese sind im ökologischen Landbau im Allgemeinen wesentlich geringer als in der konventionellen Landwirtschaft, da auf den Einsatz von leicht löslichen, mineralischen Düngemitteln verzichtet wird. Dennoch spielt die Auswaschung von Nährstoffen auch im Ökolandbau eine gewisse Rolle. Verursacht werden kann sie durch eine nicht angepasste Bodenbearbeitung, was eine rasche Umsetzung organischer Substanz mit der Freisetzung von Nährstoffen mit sich bringen kann.

Ein zweiter Problembereich liegt in der Emission von Spurengasen, die den anthropogenen Treibhauseffekt mit verursachen. Organische Wirtschaftsdünger wie z.B. Gülle emittieren Treibhausgase (v.a. Methan und Lachgas), weshalb an die Agrar-



technik die Forderung gestellt wird, Techniken und Verfahren zu entwickeln, die eine möglichst emissionsarme Wirtschaftsdüngernutzung ermöglichen. Als Beispiel sei lediglich das Schleppschlauchverfahren genannt, das bei der Gülleausbringung bereits erfolgreich eingesetzt wird. Die Emissionen des Treibhausgases CO₂ durch die Verbrennung fossiler Treibstoffe sind in der Landwirtschaft – verglichen mit den anderen o.g. Treibhausgasemissionen – von untergeordneter Bedeutung.

Problematisch sind in diesem Zusammenhang mehrere Umstände: Erstens ist das Verfahren der Grundbodenbearbeitung mit dem Pflug, das im Ökolandbau weit verbreitet ist, äußerst energieaufwändig. Zweitens sind häufig mehr Arbeitsgänge nötig als in der konventionellen Landwirtschaft, wodurch sich der Treibstoffbedarf summiert.²⁰ Drittens verursacht die Ausbringung von Wirtschaftsdünger wegen der – im Vergleich zu mineralischem Dünger – hohen Ausbringmenge einen höheren Energiebedarf. Allerdings darf nicht vergessen werden, dass der indirekte Energiebedarf in der konventionellen Landwirtschaft für die Erzeugung synthetischer Dünge- und Pflanzenschutzmittel diese insgesamt zum energieaufwändigeren Anbausystem macht. Auch bei der thermischen Unkrautbehandlung kommen fossile Energieträger zum Einsatz. Beim Abflammen werden – zusätzlich zum Verbrauch an Dieseldieselkraftstoff für das Fahrzeug – nach Angaben des KTBL (2002) 5 kg/ha Flüssiggas (z.B. Propan) benötigt. Dieser Wert muss aber in Zweifel gezogen werden, da anderen Angaben zufolge der Flüssiggasbedarf bei 20 bzw. 40 bis 80 kg/ha liegt (Bertram 2001; Meyer et al. 1998).

Ein Ziel bei der Entwicklung von Agrartechnik muss daher darin bestehen, Lösungen zu entwickeln, die mit einem möglichst geringen Aufwand an fossilen Kraft- und Brennstoffen auskommen. Ansätze hierzu existieren bereits. Eine Alternative zum Pflügen, der energieaufwändigsten Arbeit im Ökolandbau, ist der Zweischichtenpflug. Dieser kommt gegenüber dem Scharpflug mit rund 20 % weniger Dieseldieselkraftstoff aus (Ramharter et al. 2001). Auch sind bis zu einem gewissen Grad Kraftstoffersparungen durch Kombination von Arbeitsgängen möglich.

RESSOURCENSCHONUNG

Der sparsame Einsatz von fossilen Energieträgern kann auch unter dem Aspekt der Ressourcenschonung betrachtet werden. Dieser spielt im Konzept des ökologischen Landbaus eine wichtige Rolle, umfasst jedoch noch andere Bereiche als die Energieversorgung. Dazu zählt auch die Versorgung des Betriebs mit Wasser und Nährstoffen. Insbesondere die limitierten Nährstoffressourcen im Ökobetrieb spielen in diesem Zusammenhang, wie bereits erwähnt, eine große Rolle. Ein ressourcen-

²⁰ Bei Hackkulturen, die sehr sensibel auf Verunkrautung reagieren, liegt der Treibstoffbedarf für zwei- bis dreimaliges Hacken bei bis zu 12 Litern Diesel/ha.



schonender Einsatz des wirtschaftseigenen sowie eventuell zugekauften Düngers soll daher auch durch den Einsatz geeigneter agrartechnischer Verfahren und Geräte garantiert werden.

Das Bestreben nach einem schonenden Umgang mit fossilen Energieträgern hatte in jüngster Zeit zur Folge, dass versucht wurde, die Biogaserzeugung in das Konzept des ökologischen Landbaus zu integrieren. Auf diesem Aspekt soll an dieser Stelle etwas detaillierter eingegangen werden. Biogas entsteht bei der mikrobiellen Zersetzung organischer Substanz. In landwirtschaftlichen Betrieben fallen meist große Mengen solcher organischer Substanz an, sei es in Form von Ernteresten, Mist, Gülle o.Ä. Findet die mikrobielle Umsetzung unter günstigen Bedingungen in entsprechenden Biogasreaktoren statt, entstehen beträchtliche Mengen an Biogas, die energetisch genutzt werden können. Diese Art der Verwertung der organischen Substanz hat darüber hinaus den Vorteil, dass Treibhausgasemissionen aus den Wirtschaftsdüngern vermieden werden. Außerdem wird die Nährstoffbilanz bei diesem Verfahren generell als positiv bewertet, d.h. mit Ausnahme des organisch gebundenen Stickstoffs, der z.T. zu Ammonium umgebaut wird, bleiben alle anderen Pflanzennährstoffe im vergorenen Substrat der Biogasanlage erhalten. Dem gegenüber treten bei offener Lagerung Stickstoffverluste durch die Emission von Lachgas und Ammoniak auf.

In der konventionellen Landwirtschaft herrscht bei der Biogaserzeugung die Güllevergärung vor. Diese ist jedoch im ökologischen Landbau wegen der geringeren Zahl von Tieren pro Hektar und dem damit fehlenden Flüssigmist als klassischem Grundstoff für die Biogasherstellung nicht als Vorzugslösung anzusehen. Interessant wären hier vor allem Verfahren der Trockenfermentation. Einer der Vorteile liegt darin, dass die einstreubasierte Aufstallung der Tiere beibehalten werden kann. Zudem ist wegen des fehlenden hydrostatischen Drucks ein materialsparender Leichtbau möglich, so dass mit niedrigeren Anlagenkosten gerechnet werden kann. Als Begleiteffekt könnte durch die relativ lange Verweildauer des Substrats in der Trockenfermentation eine starke Reduktion keimfähiger Unkrautsamen erreicht werden. Die Verfahren der Trockenfermentation befinden sich allerdings noch in der Forschungs- und Entwicklungsphase. Forschungsbedarf besteht sowohl bei der verfahrenstechnischen Umsetzung als auch bei der einzusetzenden Messtechnik, die konkrete Aussagen über das Substrat erlaubt.

Für einen rentablen Betrieb der Biogasanlage ist eine ganzjährige, möglichst gleichmäßige Auslastung bedeutsam. Daher empfiehlt sich neben der Verwendung biogener Reststoffe auch die Vergärung spezieller Energiepflanzen. Dies ist vor dem Hintergrund des novellierten Erneuerbaren-Energien-Gesetz (EEG) besonders interessant. Für die Stromerzeugung aus nachwachsenden Rohstoffen in Biogasanlagen bis 500 Kilowatt (kW) wird eine Bonusvergütung (Brennstoffbonus) von 6 Cent/Kilo-



wattstunde (kWh) und für Anlagen zwischen 500 kW und 5 MW noch 4 Cent/kWh gewährt. Scheffer (2003) hält die Integration des Energiepflanzenanbaus in die Fruchtfolge ökologisch wirtschaftender Betriebe in einem Flächenanteil von 30 % für möglich und sieht darin (im ökologischen wie auch im konventionellen Landbau) die Chance »zu einer erheblichen ökologischen Entlastung des Agrarökosystems«. Die Grundvergütung für Strom aus Bioenergieanlagen bis 150 kW beträgt 11,5 Cent/kWh, darüber hinaus gelten die bisherigen Leistungsklassen mit den bisherigen Vergütungsstufen (bis 500 kW 9,9 Cent/kWh, bis 5 MW 8,9 Cent/kWh, ab 5 MW 8,4 Cent/kWh). Die Förderung der Energiegewinnung aus Biomasse erstreckt sich über einen Zeitraum von 20 Jahren mit einer jährlichen Degression von 1,5 %. Die gekoppelte Strom- und Wärmenutzung (KWK-Bonus) bringt weitere 2 Cent/kWh. Wenn neben dem KWK-Betrieb innovative Techniken (z.B. Trockenfermentation) eingesetzt werden, erhalten Anlagenbetreiber zusätzlich 2 Cent/kWh (Technologiebonus).

Im Wendland gibt es ein erfolgreiches BMU-Pilotvorhaben zur Biogasnutzung im Ökolandbau. Zur gleichzeitigen Erzeugung von Biogas und Biodünger werden Klee gras und Maispflanzen eingesetzt. Das Biogas wird in ein Blockheizkraftwerk geleitet und dort zu Strom und Wärme umgewandelt. Der Strom wird direkt in das Netz eines öffentlichen Versorgers eingespeist. Die Wärme, die nicht im Betrieb selbst genutzt wird, soll über ein Nahwärmenetz zur Beheizung umliegender Häuser genutzt werden. Durch die Einsparung von Heizöl können allein rund 1.600 t klimaschädliches Kohlendioxid pro Jahr vermieden werden. Die Reststoffe aus der Biogasherstellung können als flüssiger Wirtschaftsdünger eingesetzt werden. Bislang wurde Klee gras in Ökolandbaubetrieben mit geringem Anteil an Viehhaltung zu meist als Stickstoffdünger untergepflügt, da herkömmliche mineralische Dünger nicht eingesetzt werden dürfen. Dies kann jedoch zu Emissionen von klimarelevanten Gasen sowie zu Stickstoff- und damit Ertragsverlusten führen.

WIRTSCHAFTLICHE ASPEKTE

2.

Die Ansprüche an die Wirtschaftlichkeit von Ökobetrieben werden künftig eher steigen: Die Nachfrage nach Ökoprodukten kann derzeit mit der zunehmenden Produktion nicht Schritt halten, weshalb schon heute Absatzprobleme (insbesondere bei Ökomilch) auftreten. Angebote im Hochpreissegment werden durch konstante Angebote im Niedrigpreissegment ergänzt werden müssen. Durch die EU-Osterweiterung ist damit zu rechnen, dass der Preisdruck auf Ökoprodukte aus heimischer Produktion weiter steigen wird. Daher wird in den kommenden Jahren im ökologischen Landbau »noch stärker auf eine Verfahrensrationalisierung und die Beschränkung des Arbeitsvolumens« hinzuwirken sein (Hahn et al. 2003, S. 81). Ein großes Pro-



blem für die Betriebe stellen in diesem Zusammenhang die hohen Lohnkosten dar. Bestimmte Arbeiten in ökologisch wirtschaftenden Betrieben, die in der konventionellen Landwirtschaft keine Rolle spielen, sind äußerst arbeitsaufwändig. Da auf chemische Verfahren der Unkrautregulierung verzichtet wird, kommen mechanische oder thermische Verfahren zur Anwendung, die bei vergleichsweise geringer Flächenleistung einen hohen Arbeitszeitbedarf (bis zu 4 Stunden/ha) zur Folge haben. Wenn die Unkrautregulierung von Hand unumgänglich ist, kann dies sogar schnell zum entscheidenden Faktor der Wirtschaftlichkeit des Betriebs werden. Die hohe Arbeitsbelastung stellt jedoch auch für die im Ökolandbau tätigen Menschen persönlich ein großes Problem dar: Befragt, welche Ziele für die ökologisch wirtschaftenden Betriebe in Zukunft Vorrang haben, nennen die Berater »*Mehr Zeit für die Familie*« an erster Stelle (Zerger/Zehr 2003, S. 22). Agrartechnische Entwicklungen sollen daher helfen, die Arbeitsbelastung im ökologischen Landbau zu reduzieren sowie generell eine größere Wirtschaftlichkeit zu erreichen. Bei alledem gilt jedoch: »Wirtschaftlichkeitszwänge dürfen nicht zur (partiellen) Preisgabe ökologischer Prinzipien wie Erhaltung vielgestaltiger Fruchtfolgen, Förderung der natürlichen Regeneration der Bodenfruchtbarkeit oder geschlossene Stoffkreisläufe führen« (Hahn et al. 2003, S. 81).

QUALITÄTSSICHERUNG UND VERBRAUCHERSCHUTZ

3.

Die Sicherung einer guten Produktqualität zählt zu den Grundsätzen des ökologischen Landbaus. Sie mag aus dem Grund eine noch größere Rolle spielen als bei konventionellen Agrarprodukten, weil zahlreiche Verbraucher sich wegen einer vermuteten besseren Qualität für den Kauf der meist deutlich teureren Ökoprodukte entscheiden. In einer groß angelegten Untersuchung konnten Unterschiede bei der Produktqualität zwischen ökologisch und konventionell hergestellten Lebensmitteln festgestellt werden (Tauscher et al. 2003). Demzufolge finden sich bei Ölsaaten und Wein weniger bzw. keine Rückstände von Pflanzenschutzmitteln, ebenso bei Obst und Gemüse. Bei diesen wurden zudem höhere Trockenmassegehalte sowie ein Trend zu höheren Gehalten an Nähr- und anderen wertgebenden Inhaltsstoffen nachgewiesen. Bei anderen untersuchten Parametern (ernährungsphysiologische Qualität, Genusswert und Eignungswert) der Lebensmittel waren jedoch in der Regel keine Unterschiede nachweisbar. Insgesamt bleibt zu bemängeln, dass kein adäquates methodisches Instrumentarium existiert, um Lebensmittel aus unterschiedlichen Produktionsverfahren vergleichend bewerten zu können.

Bei den Anforderungen hinsichtlich Qualitätssicherung und Verbraucherschutz sind neue lebensmittelrechtliche Vorschriften und Dokumentationspflichten auf europäischer und nationaler Ebene von zentraler Bedeutung. Die EU-Öko-Verord-



nung sowie nationale Rechtsvorschriften verlangen schon lange eine eindeutige Kennzeichnung von Produkten, die mit dem Hinweis auf ihre Herstellung als *ökologisch* verkauft werden sollen. Diese Forderungen werden durch die EG-Verordnung 178/2002 (EU 2002a) im Sinne des Verbraucherschutzes ausgeweitet. Jeder produzierende und verarbeitende Betrieb ist ab dem 01. Januar 2005 für den sicheren Nachweis der Herkunft und Weitergabe der von ihm produzierten Futter- und Lebensmittel sowie deren Zwischenprodukte verantwortlich. Dabei ist eine lückenlose Dokumentation auf allen Produktionsstufen vorgeschrieben. Interessant ist in diesem Zusammenhang, dass für den menschlichen Verzehr bestimmte Pflanzen bereits nach der Ernte als Lebensmittel gelten. Hintergrund für die Neuregelungen ist der Wunsch nach einer besseren Gewährleistung der Sorgfaltspflicht und Produkthaftung durch Erzeuger und Verarbeiter.

Voraussetzung für die Umsetzung der neuen gesetzlichen Vorgaben zur Rückverfolgbarkeit ist ein übergreifendes Kennzeichnungs- und Datenmanagement. Entsprechende Systeme sind aus der Produktions- und Distributionslogistik bekannt. Allerdings lassen sie sich nur bedingt auf die Landwirtschaft und die Lebensmittelindustrie übertragen. Gründe hierfür sind global agierende Handelsketten, wechselnde Bezugspartner, veränderliche Eigenschaften, Rezepturen und Losgrößen der Produkte, besondere klimatische Anforderungen bei Transport, Lagerung und Verarbeitung sowie spezifische wirtschaftliche Rahmenbedingungen. Für Rückverfolgbarkeit und Dokumentation sind vernetzte Computersysteme nötig, die mit einer zentralen Datenbank korrespondieren. Die Datenverwaltung muss sicherstellen, dass jeglicher Missbrauch vermieden und Unabhängigkeit und Objektivität gewahrt werden. Für ein solches System besteht ein objektives Erfordernis, jedoch noch kein praxisreifes Modell. Bisher existieren lediglich Insellösungen: Seit dem Auftreten von BSE ist die Einzeltierverfolgung von Rindern in Deutschland gesetzlich vorgeschrieben; bei der Geflügelproduktion ist die Unternehmensgruppe Wiesenhof beispielgebend durch ihr Rückverfolgbarkeitssystem. Häufiger jedoch werden einfache Dokumentationssysteme unter Nutzung von Begleitpapieren eingesetzt. Diese sind jedoch arbeitsintensiv, manipulationsgefährdet, störanfällig und versagen bei heterogenen Produktions- und Warenströmen.





PRECISION AGRICULTURE IM ÖKOLOGISCHEN LANDBAU

VI.

TERMINOLOGIE

1.

Eine präzise und weitgehend anerkannte Definition des Begriffs *Precision Agriculture* (PA) existiert derzeit noch nicht. Die häufig geweckten Assoziationen mit Methoden der *Teilschlag-* oder *Teilflächenbewirtschaftung* sowie deren Gleichsetzung mit PA greifen jedenfalls zu kurz. Die Entwicklung der PA seit Anfang der 1990er Jahre gründet im Wesentlichen auf zwei Technologien: Geoinformationssystemen (GIS) auf der einen sowie Positionierungssystemen (*Global Positioning System*, GPS) auf der anderen Seite. Gleichzeitig kamen zahlreiche Neuentwicklungen aus dem Bereich der Sensorik auf, z.B. Bildsensoren (CCD-Sensor) zur Unkrautererkennung, Steuerungssensoren für Dünge- und Pflanzenschutzapplikation oder Korndurchsatzmesssensoren beim Mähdrusch.²¹ Das Zusammenspiel dieser vielfältigen Innovationen im Bereich der Agrartechnik soll eine Optimierung der betrieblichen Prozesse in der Landwirtschaft ermöglichen, angefangen bei der Anbauplanung über die Bodenbearbeitung, Aussaat, Düngung und Pflanzenschutz bis hin zu Ernte und Nacherntebehandlung. Derzeit ist insbesondere das Zusammenspiel der technischen Einzellösungen mit der Betriebssoftware noch nicht zufrieden stellend gelöst, so dass mit einer breiten Nutzung von PA-Verfahren in der konventionellen Landwirtschaft erst im Laufe einiger Jahre gerechnet werden kann.

Precision Agriculture kann in vier weitgehend unabhängige Teilbereiche untergliedert werden: Anwendungen zum Management des Betriebes (z.B. Qualitätsmanagement durch automatische Datenerfassung), des Bestandes (teilflächenspezifische Düngung, Bodenbearbeitung usw.), der Maschinen (z.B. Routenplanung und Standortüberwachung) und der Arbeit (z.B. unbemannte Fahrzeuge). Als informationstechnologische Klammer hat die Rückverfolgbarkeit (traceability) alle Maßnahmen innerhalb der Wertschöpfungskette zu verbinden (Auernhammer 2004). Ein Vorschlag für eine Systematisierung der kursierenden Begriffe lautet, neben der Präzisen Landwirtschaft auch den Präzisen Gartenbau, die Präzise Forstwirtschaft und den Präzisen Weinbau einzuordnen; als Teilbereiche der PA könnten so dem Präzisen Ackerbau (Precision Farming) die Präzise Tierhaltung (Precision Livestock Farming) und die Präzise Weidebewirtschaftung (Precision Pasturing) zugeordnet werden.

²¹ Vgl. Definition von *Precision Farming* im Online-Lexikon Geoinformatik der Universität Rostock (<http://www.geoinformatik.uni-rostock.de/einzel.asp?ID=1282421465>).



GEMEINSAMKEITEN UND ZIELWIDERSPRÜCHE²²

2.

Die im Konzept der Precision Agriculture angestrebte Optimierung der betrieblichen Prozesse hat zahlreiche Implikationen, die für den ökologischen Landbau relevant sind. Zum einen zielt die Anwendung von PA auf ökonomische Effekte ab, etwa die Einsparung von Betriebsmitteln oder die Erhöhung der Ertragssicherheit und -qualität. Von zentraler Bedeutung sind darüber hinaus auch ökologische Aspekte. Eine Verringerung der Umweltbelastungen durch die landwirtschaftliche Produktion soll im Rahmen von Precision Agriculture dadurch erreicht werden, dass Landbewirtschaftungsmaßnahmen an die Variabilität der Standort- und Bestandsparameter angepasst werden. So variieren beispielsweise verschiedene Bodenparameter, wie Wasser-, Humus- und Nährstoffgehalt, nicht nur von Fläche zu Fläche, sondern auch innerhalb einzelner Schläge mitunter beträchtlich. Wenn Maßnahmen wie die Gabe von Düngern oder die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln möglichst kleinräumig an die tatsächlichen Bedürfnisse der Pflanzen angepasst werden, kann ihr Verbrauch unter Umständen deutlich reduziert werden. Sowohl die ökonomischen als auch die ökologischen Zielsetzungen von PA basieren somit auf einer zentralen Forderung: dem effizienten Umgang mit – teuren bzw. umweltrelevanten – Ressourcen.

Ressourcenschonung ist auch im ökologischen Landbau eines der zentralen Anliegen. Der sparsame Umgang mit wirtschaftseigenen oder zugekauften organischen Düngemitteln wird zum einen gefordert, um eine Auswaschung der Nährstoffe in Grund- und Oberflächenwasser wie auch sonstige damit verbundene Umweltschädigungen zu verhindern. Darüber hinaus jedoch hat der schonende Umgang mit den betrieblichen Nährstoffressourcen im ökologischen Landbau noch eine weitere Facette: Da die Zufuhr von Düngemitteln in das Agrarökosystem des Betriebs nur unter restriktiven Bedingungen möglich ist, stellen Nährstoffe im Ökolandbau ein besonders knappes Gut dar. Gleichzeitig kommt ihnen – insbesondere Stickstoff – für eine gute Bestandesentwicklung und damit für gute Erträge eine hohe Bedeutung zu. In ökonomischer Hinsicht sehen sich viele ökologisch wirtschaftende Betriebe in Deutschland vor die Notwendigkeit gestellt, ihre Wirtschaftlichkeit zu erhöhen. Lange Arbeitszeiten werden als drängendes Problem angesehen; es zeichnet sich ab, dass den Zuwächsen bei der Produktionsmenge keine ebenso großen Zuwächse bei der Nachfrage nach Ökoprodukten entgegenstehen; auch durch die EU-Osterweiterung ist davon auszugehen, dass der Preisdruck auf Ökoprodukte aus hiesiger Erzeugung stark zunehmen wird. Falls es gelingt, durch den Einsatz von PA den Bedarf an verschiedenen Betriebsmitteln – Saatgut, Düngemittel, biologische Pflanzenschutzmittel – sowie den Arbeitszeitbedarf zu senken und sogar die Qualität der er-

22 Die folgenden Ausführungen basieren im Wesentlichen auf dem Gutachten von Zerger/Zehr (2003) sowie z.T. auf der Studie von Hahn et al. (2003).



zeugten Produkte zu steigern, so könnte damit ein wichtiger Beitrag zum Erfordernis der Wirtschaftlichkeit geleistet werden.

Insgesamt ergibt sich somit das Bild, dass zwischen Precision Agriculture und ökologischem Landbau viele Gemeinsamkeiten hinsichtlich der Zielvorstellungen bestehen. Dennoch wird Precision Agriculture häufig als Technologie wahrgenommen, die den Prinzipien des ökologischen Landbaus entgegenläuft. So bewegten sich die Stellungnahmen der Berater, die im Rahmen des Gutachtens von Zerger/Zehr (2003) befragt wurden, »zwischen strikter Ablehnung und einer kritisch abwägenden Betrachtung des Einsatzes von Precision-Agriculture-Techniken«. Aus Sicht der Berater bestehen zwischen Precision Agriculture und Ökolandbau hinsichtlich der Betrachtungsweise des Anbausystems grundlegende Unterschiede: »Der Ökolandbau mit seiner handwerklichen und systemaren Sichtweise wird dabei im Gegensatz zu dem computerisierten und technischen Ansatz der Precision Agriculture gesehen« (Zerger/Zehr 2003, S. 36). Als Einwand gegen den Einsatz von Precision Agriculture wurde auch aufgeführt, dass der direkte Bezug des Ökolandwirts zum Boden verloren gehen und man sich in die Abhängigkeit einer neuen Technologie begeben könnte. Auch wurde die praktische Durchführbarkeit der verschiedenen Precision-Agriculture-Verfahren angezweifelt. Hinzu kommt schließlich, dass einige der Ziele von Precision Agriculture, die gegenwärtig als besonders prominente Beispiele für mögliche Anwendungsfelder dienen (v.a. die Optimierung des Dünge- und Pflanzenschutzmitteleinsatzes), für den ökologischen Landbau eher geringe bzw. keine Relevanz haben. Insgesamt jedoch sind die Vorbehalte gegenüber Precision Agriculture »eher psychologisch begründet und somit der Technologie nicht anzulasten« (Zerger/Zehr 2003, S. 37).

PERSPEKTIVEN DER ANWENDUNG VON PA²³

3.

ÜBERBLICK

3.1

Im Zuge der Entwicklung von Precision Agriculture wurden in den vergangenen Jahren verschiedenste Einsatzmöglichkeiten der neuen PA-Technologien in der Landwirtschaft diskutiert. Wenngleich diese nicht speziell für den ökologischen Landbau konzipiert wurden und Precision Agriculture in der Praxis des ökologischen Landbaus bislang »ohne nennenswerte Bedeutung geblieben« ist (Hahn et al. 2003, S. 87), sind PA-Technologien prinzipiell auch für diesen Bereich von Interesse. Ein

²³ Die Ausführungen in diesem Kapitel basieren im Wesentlichen auf den Gutachten von Hahn et al. (2003) sowie von Zerger/Zehr (2003).



Großteil der diskutierten Anwendungsbeispiele ist noch nicht zur Serienreife gelangt. Einzelne Anwendungen sind jedoch bereits praxistauglich, und zahlreiche andere sind in Entwicklung. Für den ökologischen Landbau ist der Einsatz entsprechender Verfahren aus allen vier Teilbereichen von Precision Agriculture denkbar:

BETRIEBSMANAGEMENT

Im Bereich des Betriebsmanagements versprechen die Verfahren der automatischen Datenerfassung zahlreiche Anwendungsmöglichkeiten. Die wichtigste Rolle spielt dabei die Standort- und Ertragskartierung. Sie ist Ausgangspunkt für teilflächenspezifische Bewirtschaftungsmaßnahmen, denen in der konventionellen Landwirtschaft bereits große Beachtung geschenkt wird. Unter den systemorientierten Anbaubedingungen des ökologischen Landbaus ergeben sich ebenfalls zahlreiche interessante Ansätze (s.u.). Dies wird vor allem vor dem Hintergrund deutlich, dass unterschiedliche Standortbedingungen im ökologischen Landbau weniger kompensiert werden können als in der konventionellen Landwirtschaft, wo über schnell wirksame systemexterne Dünge- und Pflanzenschutzmittel leichter in das Agrarökosystem eingegriffen werden kann. Insgesamt kommt der Heterogenität der Standorte im ökologischen Landbau eine große Bedeutung zu, sowohl hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf Qualität und Erträge wie auch bezüglich einer erwünschten Diversität in den Beständen.

Weitere Einsatzmöglichkeiten von Precision Agriculture durch eine automatische Datenerfassung bieten sich im Ökolandbau insbesondere im Bereich Dokumentation und Qualitätsmanagement. Die Anforderungen, die hier an die Betriebe gestellt werden, sind in der letzten Zeit stark gestiegen. PA-Lösungen können dazu beitragen, den Aufwand für die geforderten Dokumentations- und Qualitätssicherungsmaßnahmen (etwa zur Beantragung von Agrarsubventionen oder gegenüber Kontrollorganen) in Grenzen zu halten. Darüber hinaus betrachten die Berater einen möglichen Erkenntnisgewinn für den Betriebsleiter als besonders wichtigen Aspekt der automatischen Datenerfassung (Zerger/Zehr 2003, S. 34). Durch eine exakte und differenzierte Dokumentation der Erträge könnten sich nämlich Zusammenhänge zwischen den durchgeführten Bewirtschaftungsmaßnahmen und den Ertragswirkungen ableiten lassen, worin ein sinnvolles Instrument zur Betriebsführung bestünde. Generell kann die erleichterte Erfassung und Verarbeitung von Daten im Rahmen von PA-Anwendungen bei der Entscheidungsunterstützung gerade auch unter Berücksichtigung ökologischer Faktoren dienen.

BESTANDSMANAGEMENT

Im Bereich des Bestandsmanagements verspricht die Teilflächenbewirtschaftung zahlreiche Anwendungsmöglichkeiten, die von Interesse für den ökologischen Land-



bau sein könnten. Grundlage hierfür bilden detaillierte, raumbezogene Daten zu Standorteigenschaften, Erträgen usw., die mit Hilfe von Anwendungen der Precision Agriculture wesentlich leichter als bisher erfasst und verarbeitet werden können. Im Mittelpunkt des Interesses steht die selektive Arbeitsweise bei verschiedenen Produktionsschritten, insbesondere bei Düngung, Pflanzenschutz und Ernte, wodurch der Einsatz von Betriebsmitteln verringert werden kann. Auf heterogenen Standorten wie dem östlichen Hügelland oder Mecklenburg könnte beispielsweise der Saatgutbedarf reduziert werden, wenn nicht mit einer einheitlichen Saatstärke gesät, sondern die Saatstärke dem Ertragspotenzial des Bodens angepasst würde.

Die teilflächenspezifische Bewirtschaftung bringt verschiedene Vorteile mit sich: Zum einen können Kosteneinsparungen im Bereich der Vorleistungen erreicht werden, z.B. durch einen geringeren Saatgutbedarf, geringeren Zukauf an organischem Dünger sowie weniger Arbeitsgänge. Zum anderen ist damit eine Verringerung von Umweltbelastungen verbunden, etwa durch geringere Nährstoffausträge sowie einen geringeren Energiebedarf bei der Ausbringung von Betriebsmitteln. Schließlich darf mit einer Steigerung der Erträge gerechnet werden, wenn die Bewirtschaftungsmaßnahmen optimal an die Bedürfnisse der Kultur angepasst werden. Gerade für größere landwirtschaftliche Betriebe mit hoher Heterogenität in den Schlägen könnte sich die Anwendung von Precision Agriculture lohnen. Die Umsetzung der Teilflächenbewirtschaftung krankt derzeit an einer mangelnden Standardisierung der elektronischen Kommunikation. Wo auf diese durch Verwendung des Sensoransatzes weitgehend verzichtet werden kann, kommt die Praxisanwendung auch heute bereits schneller voran.

MASCHINENMANAGEMENT

Zum Maschinenmanagement zählen Aspekte wie Routenplanung und Teleservice, die in absehbarer Zeit auch in größeren Ökobetrieben von Bedeutung sein könnten. Einsatzgebiete liegen in der Routenoptimierung oder der Störzeitminimierung bei leistungsfähigen Erntemaschinen. Sofern im ökologischen Landbau künftig verstärkt auf Lohnunternehmer zurückgegriffen wird, könnte das Flottenmanagement eine wichtige Rolle bei der Optimierung des überbetrieblichen Maschineneinsatzes spielen (Jost 2004). Darüber hinaus ergeben sich durch die genannten Maßnahmen auch Einsparungspotenziale beim Treibstoffbedarf.

ARBEITSMANAGEMENT

Feldrobotik ist ein Aspekt von Precision Agriculture zum Arbeitsmanagement, der gemeinhin als Zukunftsmusik gilt und daher nicht von Interesse für den ökologischen Landbau zu sein scheint. Erste Erfahrungen mit sensorgesteuerten Werkzeugen in der Bestandspflege oder mit dem Paralleltracking bei der Ausbringung von



organischen Düngemitteln (Jost 2004) machen jedoch deutlich, dass auch auf diesem Gebiet mit interessanten Entwicklungen für den ökologischen Landbau gerechnet werden kann.

KONKRETE EINSATZMÖGLICHKEITEN²⁴

3.2

Im Folgenden soll auf einige PA-Verfahren genauer eingegangen werden, die für den ökologischen Landbau von besonderem Interesse sein könnten.

STANDORT- UND ERTRAGSKARTIERUNG

Die Standort- und Ertragskartierung ist ein zentraler Bestandteil von Precision Agriculture. Die Entwicklung von Geoinformationssystemen (GIS) im Zusammenspiel mit satellitenbasierten Positionierungssystemen (GPS) hat die Arbeit auf diesem Gebiet wesentlich erleichtert. So ist es möglich, eine geographische Datenbank über die Boden- und Anbauressourcen des Betriebes zu erstellen, die mit Hilfe einer leistungsfähigen Datenverarbeitung für verschiedene Zwecke nutzbar gemacht werden kann. Entsprechende Maßnahmen wären im Ökolandbau verhältnismäßig schnell umsetzbar: Wenngleich das zugrunde liegende Kommunikationssystem noch nicht in hinreichendem Maße standardisiert ist, sind die technischen Voraussetzungen für die Standort- und Ertragskartierung doch im Großen und Ganzen gegeben. Ausgehend von den vorhandenen digitalen Karten können die Standortfaktoren, die von Interesse sind, mit dem bereits erprobten bzw. noch in Entwicklung befindlichen Instrumentarium der PA bestimmt werden. Dies gilt gleichermaßen für die Methoden der Ertragserfassung auf der Erntemaschine und die Ertragskartierung (vgl. Jost 2004). Allerdings sind hierbei einige Besonderheiten der ökologischen Wirtschaftsweise zu beachten: Mehr als in der konventionellen Landwirtschaft spielen indirekte und zum Teil langfristig wirkende Regulationsmechanismen im Agrarökosystem des Ökolandbaus eine Rolle, die bei der Arbeit mit standortabhängigen Größen (z.B. Nährstofffreisetzung, Unkrautregulierung sowie Pflanzenkrankheiten und -schädlinge) berücksichtigt werden müssen. Eine Anpassung der betreffenden Modelle für eine teilflächenspezifische Bewirtschaftung im ökologischen Landbau ist daher unbedingt erforderlich (Fricke/Hess 2002). Die Befragung von Zerger/Zehr (2003, S. 34) bestätigt, dass PA-Verfahren zur Standort- und Ertragskartierung im ökologischen Landbau als vorteilhaft eingeschätzt werden.

24 Die Ausführungen in diesem Kapitel basieren im Wesentlichen auf den Gutachten von Hahn et al. (2003) sowie von Zerger/Zehr (2003).



DÜNGUNG

Ein Düngeverfahren, das an die heterogenen Nährstoffverhältnisse im Boden angepasst ist, wäre gerade auch für den ökologischen Landbau ein viel versprechendes Konzept. Ausgangspunkt für ein solches Verfahren sind zunächst verortete Daten zu Boden- und Bestandsparametern, die dann mit an den Standort angepassten Algorithmen für eine variable Düngung nutzbar gemacht werden. Die teilflächenspezifische Düngung ist im ökologischen Landbau schwieriger umsetzbar als in der konventionellen Landwirtschaft, weil die Eingriffsmöglichkeiten durch den Verzicht auf leicht lösliche mineralische Düngestoffe begrenzt sind. Insbesondere müssen hinreichende Informationen über die Nährstoffzusammensetzung des Wirtschaftsdüngers – etwa durch eine Online-Messung der Nährstoffgehalte in Gülle – und eine geeignete Ausbringtechnik verfügbar sein. Nichtsdestotrotz ergeben sich auch für den Ökolandbau interessante Anwendungsmöglichkeiten, wenngleich dessen Anforderungen an die teilflächenspezifische Düngung noch genauer definiert werden müssten: »Die Notwendigkeit einer hohen Verteilgenauigkeit von Mist- und Kompoststreuern unter Berücksichtigung der standortspezifischen Umsetzungsprozesse muss für eine Anwendung im Precision Farming noch überprüft werden« (Fricke/Hess 2002).²⁵

Voraussetzung für eine teilflächenspezifische Ausbringung von Wirtschaftsdünger ist die Verfügbarkeit von Applikationstechnik, die eine Regulierung der Düngermenge je Flächeneinheit sowie eine Teilbreitenschaltung erlaubt. Für flüssige Wirtschaftsdünger wie Gülle ist dies bereits seit langer Zeit Stand der Technik. Allerdings fehlten bislang Informationen über die jeweiligen Nährstoffgehalte im Wirtschaftsdünger. Eine Messsonde, die über die elektrische Leitfähigkeit die Gehalte von Stickstoff, Phosphor und Kalium in der Gülle bestimmt, kann diesen Nachteil nun beheben (Anonym 2003). Die verfügbaren Exaktstreuer für feste organische Düngemittel hingegen erfüllen die Anforderungen noch nicht, die durch eine teilflächenspezifische Ausbringung im Ökolandbau gestellt werden. Neuentwicklungen erlauben zwar bereits eine Wägung der Füllmenge und eine Vorschubregelung zu den Streuorganen. Es wird aber auch eine höhere Verteilgüte längs und quer zur Fahrtrichtung benötigt (Leinker et al. 2003). Eine Entwicklung aus dem Institut für Agrartechnik der Universität Kassel, die Kompost über hydraulisch gesteuerte Querröhrschnellen und vier Streuteller verteilt, liefert hierzu einen neuen Ansatz. Die Gutzufuhr zu den Schnecken ist über den Kratzbodenvorschub regelbar.

Die große Bedeutung des Anbaus von Leguminosen zur Stickstoffdüngung im ökologischen Landbau bringt ein weiteres mögliches Anwendungsfeld von Precision

²⁵ Problematisch ist in diesem Zusammenhang, dass die betriebseigene Düngermenge für eine kompensatorische Düngung mit dem Ziel hoher Erträge und homogener Qualitäten oftmals nicht ausreicht.



Agriculture mit sich. Da der Anteil der Leguminosen an der Kultur sowie ihr Ertrag innerhalb eines Schlates stark variieren können, ist auch die Stickstoffbindung innerhalb des Schlates heterogen. Für die Anbauplanung wäre jedoch eine möglichst exakte und differenzierte Bilanzierung der Stickstofffixierung von großem Interesse. Gelänge es, neben Ertrags- und Qualitätsparametern auch den Leguminosenanteil zu erfassen, könnten die Stickstoff-Frachten in der Fruchtfolge standortspezifisch kalkuliert werden. Als Verfahren zur Bestimmung des Leguminosenanteils ist die *Nah-Infrarot-Reflektions-Spektroskopie* (NIRS) entwickelt worden (Heuwinkel/Locher 2000). Eine Weiterentwicklung von sensorgestützten und bildverarbeitenden Methoden wäre in diesem Zusammenhang aber wünschenswert (Fricke/Hess 2002).

UNKRAUTREGULIERUNG

Die Methoden zur differenzierten Unkrautregulierung sind technisch relativ anspruchsvoll und bedürfen noch weiterer Entwicklungstätigkeit. Jedoch bieten sie für den ökologischen Landbau viel versprechende Ansätze. Bei der Unkrautregulierung spielen im Ökolandbau derzeit mechanische Verfahren wie Striegeln oder Hacken die größte Rolle. Bei der Unkrautregulierung mittels Hacke besteht von Seiten der Anwender der Wunsch nach einer automatischen Zuordnung bzw. Lenkung der Arbeitsgänge entlang von Beetspuren, da hierbei die Abweichung der Fahrspuren (bzw. der Arbeitsgeräte) nur wenige Zentimeter betragen darf. Dies lässt die derzeitige GPS-gestützte Steuerung noch nicht zu. Es gibt Entwicklungen, die stattdessen auf einem lokalen Ortungssender basieren. Allerdings wirkt sich die mechanische Unkrautregulierung nicht nur auf den Unkrautbestand aus, sondern beeinflusst auch den Abbau der organischen Substanz mit der damit verbundenen Freisetzung von Nährstoffen sowie die Infiltration von Niederschlagswasser. Eine Beschränkung der mechanischen Unkrautregulierung auf Teilflächen, die einem besonderen Unkrautdruck unterliegen, erscheint vor diesem Hintergrund als nur bedingt sinnvoll.

Bei thermischen Verfahren zur Unkrautregulierung hingegen wäre eine solche Differenzierung wünschenswert: Die begleitenden Wirkungen sind hierbei wesentlich geringer, da kein Eingriff in das Bodengefüge stattfindet. Vor allem wäre die teilflächenspezifische Anwendung mit Einsparungen beim Verbrauch von Flüssiggas und damit mit einer Reduktion von Kosten und Treibhausgasemissionen verbunden. Entsprechende Verfahren müssten in der Lage sein, über Sensorik und Mustererkennungssysteme Unkräuter zu identifizieren und diese z.B. mittels Abflamntechnik zu beseitigen bzw. zu schädigen (Fricke/Hess 2002). Sowohl die entsprechenden bildverarbeitenden Sensoren als auch wirksame Regulierungsfaktoren sind noch in der Entwicklung.

Die sensorgesteuerte Querhacke kann als Anwendung von Precision Agriculture verstanden werden, wenngleich ihr Einsatz nicht an Standortheterogenität und



Teilflächenmanagement gebunden ist (Kielhorn et al. 2000). Die Querhacke arbeitet mit rotierenden Werkzeugen selektiv gegen Unkräuter in der Kulturpflanzenreihe – Sensorik zur zuverlässigen Erkennung der Unkräuter in den Kulturpflanzenreihen ist somit auch hier erforderlich. Wegen der rasch fortschreitenden technischen Entwicklungen im Bereich der Sensortechnik kann jedoch in absehbarer Zeit mit neuen Lösungen gerechnet werden. Reihenkulturen wie Mais und Zuckerrüben, die bisher nur schwer zu bearbeiten waren, könnten mit Hilfe der sensorgesteuerten Querhacke für den Ökolandbau erschlossen werden. Die Grundlagen des Verfahrens sind bereits entwickelt, jedoch fehlt es derzeit an geeigneten Partnern, die die Entwicklung bis zur Marktreife weiterführen.

PFLANZENSCHUTZ

Wenngleich beim Pflanzenschutz im ökologischen Landbau vorbeugende Maßnahmen im Mittelpunkt stehen, ist der kurative Pflanzenschutz nicht zu vernachlässigen. PA-Verfahren könnten sich auf diesem Gebiet auch für den ökologischen Landbau als nützlich erweisen. So bringt z.B. die Verwendung von Kupferpräparaten zur Bekämpfung der Kraut- und Knollenfäule (*Phytophthora infestans*) bei Kartoffeln schädigende Auswirkungen auf den Naturhaushalt mit sich. Eine Verbesserung könnte in diesem Fall schon dadurch erreicht werden, dass die Behandlung zu einem sehr frühen Befallsstadium mit geringen Kupferkonzentrationen durchgeführt würde. Einen Ansatz hierzu beschreiben Fricke/Hess (2002): Grundlage des Verfahrens bildet ein olfaktorischer Biosensor, der bestimmte Emissionen von Kartoffelpflanzen detektieren kann, die bei einem Befall mit *P. infestans* auftreten.²⁶ Im Verfahrensablauf folgt auf die Befallserkennung das Erstellen von Befalls- und Applikationskarten, die der Landwirt zur differenzierten Anwendung der Pflanzenschutzmittel nutzen kann. Entsprechende Applikationstechnik ist verfügbar; für die Bereitstellung eines praxisreifen Biosensors hingegen ist noch Entwicklungsarbeit erforderlich.

ERNTE

Die Erzeugung von Qualitätsweizen ist im ökologischen Landbau problematisch. Die Mindestanforderungen an Weizen mit Backqualität liegen bei einem Rohproteingehalt von 11 % sowie einem Feuchtklebergehalt von 22 %, was vor allem durch eine bedarfsgerechte Stickstoffversorgung der Kultur erreicht werden kann.

²⁶ Kartoffelkäfer finden Wirtspflanzen durch Wahrnehmung des Duftstoffes 2-Ethyl-Hexan-1-ol und nutzen die reduzierte Vitalität phytophthorabefallener Kartoffelpflanzen zur Eiablage, da der verringerte Fraßwiderstand dieser Pflanzen eine optimale Entwicklung der Larven ermöglicht. Dieser biologische Vorgang soll von den genannten Sensoren zum Auffinden von Phytophthora-Befallsherden nachvollzogen werden.



Im ökologischen Landbau ist jedoch eine adäquate Reaktion auf den Nährstoffbedarf der Pflanzen kaum möglich. Wenn alle Möglichkeiten der Bestandsführung zur Erzeugung von Qualitätsweizen ausgeschöpft sind, bietet Precision Agriculture mit der selektiven Ernte ein neues Verfahren zu diesem Zweck. Partien mit den geforderten Eigenschaften werden hierbei getrennt vom restlichen Bestand geerntet und vermarktet. Auf die Getreidequalität kann dabei aus Daten geschlossen werden, die durch Befliegen der Bestände mit dem Verfahren der *Nah-Infrarot-Reflektions-Spektroskopie* (NIRS) gewonnen werden (Rademacher 2003; Risius 2004). Sind zusätzliche Informationen über qualitätsprägende Standort- und Witterungsparameter sowie zu Fruchtfolge und organischer Düngung vorhanden, sind Modelle denkbar, mit deren Hilfe die relevanten Teilflächen zuverlässig identifiziert werden können. Aussichtsreich sind auch Vorschläge zur Online-Messung des Rohproteingehalts während des Drusches, wobei die Erntegutpartien eigenschaftsdifferenziert abgebunkert, eingelagert und vermarktet werden (Rademacher 2003; Risius 2004).

QUALITÄTSMANAGEMENT

Die zunehmende Bedeutung des Qualitätsmanagements in der Landwirtschaft allgemein sowie im ökologischen Landbau im Speziellen wurde bereits erwähnt. Precision Agriculture bietet in diesem Zusammenhang viel versprechende Ansätze. Im Mittelpunkt stehen dabei Verfahren der automatischen Datenerfassung sowie vernetzte Computersysteme, die mit einer zentralen Datenbank korrespondieren. Dadurch soll eine lückenlose Dokumentation der landwirtschaftlichen Produkte über alle Produktionsstufen erreicht werden. Ein praxisreifes Modell existiert bislang nicht, jedoch lässt die Anpassung ähnlicher Systeme aus der Produktions- und Distributionslogistik auf eine baldige Anwendbarkeit bei der Qualitätssicherung hoffen.

DURCHFÜHRUNG VON NATURSCHUTZMAßNAHMEN

Als weiteres Anwendungsbeispiel für Precision Agriculture im ökologischen Landbau soll die Ausgrenzung von Teilflächen aus der Nutzung erwähnt werden. Eine solche Ausgrenzung kann im Rahmen von Naturschutzvorhaben angebracht sein, um bestimmte Tier- und Pflanzenarten zu schützen. Die Kennzeichnung der betreffenden Teilflächen auf einer Maßnahmenkarte kann sicherstellen, dass diese tatsächlich aus der Nutzung ausgespart bleiben bzw. angepasst bearbeitet werden. Wenn die strukturelle oder funktionale Diversität von Teilflächen erhöht werden soll, etwa durch die Anlage von Blüh- oder Brachestreifen in den Randbereichen eines Klee-grasbestandes, können die Methoden von PA dazu dienen, die differenzierte Nutzung mindestens metergenau abzustecken. Ein Distelbesatz mit Ausbreitungsgefahr kann so z.B. wirksam eingegrenzt werden (Fricke/Hess 2002).



LITERATUR

IN AUFTRAG GEGEBENE GUTACHTEN

1.

- Hahn, J., Hoffmann, H., Borgman, J. (2003): Technologiebedarf und Technikentwicklung im ökologischen Landbau. Institut für Agrar- und stadtökologische Projekte (IASP) an der Humboldt-Universität zu Berlin, Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät, Berlin
- Zerger, U., Zehr, M. (2003): Tiefeninterviews zu Technologiebedarf und Technikentwicklung im ökologischen Landbau. Stiftung Ökologie & Landbau (SÖL), Bad Dürkheim

WEITERE LITERATUR

2.

- Alsing, I. (1992): Lexikon Landwirtschaft – Pflanzliche Erzeugung, tierische Erzeugung, Landtechnik, Betriebslehre, landwirtschaftliches Recht. München
- Auernhammer, H. (2004): Informationstechnik. In: Jahrbuch Agrartechnik, Bd. 16, S. 32
- Bertram, A. (2001): Mit Flammen gegen Quecke & Co. In: Neue Landwirtschaft, Sonderheft »Superpflanze Mais – Neues über Anbau, Ernte, Konservierung, Vermarktung und Fütterung«, S. 78–79
- BMVEL (Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft) (2003): Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten der Bundesrepublik Deutschland 2002. Münster-Hiltrup
- BMVEL (Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft) (2004a): Ernährungs- und agrarpolitischer Bericht der Bundesregierung 2004. Berlin
- BMVEL (Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft) (2004b): Verzeichnis der zugelassenen Kontrollstellen der Länder der Bundesrepublik Deutschland. <http://www.verbraucherministerium.de/index7552D94A9F2F46C18640657A2489E40D.html>
- Bundesregierung (2002): Perspektiven für Deutschland – Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung. Bundesregierung, Presse- und Informationsamt, Berlin
- DBV (Deutscher Bauernverband) (2004): Ökologischer Landbau. In: Situationsbericht. http://www.situationsbericht.de/Artikel_2004/1_6.html
- Demeter (2002): Erzeugungsrichtlinien für die Anerkennung der Demeter-Qualität. Forschungsring für Biologisch-Dynamische Wirtschaftsweise e.V., Darmstadt
- Dihlmann, M. (2000): Anforderungen an die Technik und Verfahrensgestaltung beim Anbau von Druschfrüchten und Mais im ökologischen Anbau. Dipl.-Arbeit im Studiengang Agrarwissenschaften, Humboldt-Universität zu Berlin
- EU (Europäische Union) (1988): Verordnung (EWG) Nr. 4115/88 der Kommission vom 21. Dezember 1988 mit Durchführungsbestimmungen zur Beihilferegelung für die Extensivierung der Erzeugung. <http://europa.eu.int/eur-lex>



- EU (Europäische Union) (1991): Verordnung (EWG) Nr. 2092/91 des Rates vom 24. Juni 1991 über den ökologischen Landbau und die entsprechende Kennzeichnung der landwirtschaftlichen Erzeugnisse und Lebensmittel. <http://europa.eu.int/eur-lex>
- EU (Europäische Union) (1992): Verordnung (EWG) Nr. 2078/92 des Rates vom 30. Juni 1992 für umweltgerechte und den natürlichen Lebensraum schützende landwirtschaftliche Produktionsverfahren. <http://europa.eu.int/eur-lex>
- EU (Europäische Union) (1999a): Verordnung (EG) Nr. 1804/99 des Rates vom 19. Juli 1999 zur Einbeziehung der tierischen Erzeugung in den Geltungsbereich der Verordnung (EWG) Nr. 2092/91 über den ökologischen Landbau und die entsprechende Kennzeichnung der landwirtschaftlichen Erzeugnisse und Lebensmittel. <http://europa.eu.int/eur-lex>
- EU (Europäische Union) (1999b): Verordnung (EG) Nr. 331/2000 der Kommission vom 17. Dezember 1999 zur Änderung von Anhang V der Verordnung (EWG) Nr. 2092/91 des Rates über den ökologischen Landbau und die entsprechende Kennzeichnung der landwirtschaftlichen Erzeugnisse und Lebensmittel. <http://europa.eu.int/eur-lex>
- EU (Europäische Union) (1999c): Verordnung (EG) Nr. 1257/99 des Rates vom 17. Mai 1999 über die Förderung der Entwicklung des ländlichen Raums durch den Europäischen Ausrichtungs- und Garantiefonds für die Landwirtschaft (EAGFL) und zur Änderung bzw. Aufhebung bestimmter Verordnungen. <http://europa.eu.int/eur-lex>
- EU (Europäische Union) (2002a): Verordnung (EG) Nr. 178/2002 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 28. Januar 2002 zur Festlegung der allgemeinen Grundsätze und Anforderungen des Lebensmittelrechts, zur Errichtung der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit und zur Festlegung von Verfahren zur Lebensmittelsicherheit. <http://europa.eu.int/eur-lex>
- EU (Europäische Union) (2002b): Verordnung (EG) Nr. 473/2002 der Kommission vom 15. März 2002 zur Änderung der Anhänge I, II und VI der Verordnung (EWG) Nr. 2092/91 des Rates über den ökologischen Landbau und die entsprechende Kennzeichnung der landwirtschaftlichen Erzeugnisse und Lebensmittel sowie zur Festlegung der Durchführungsvorschriften für die Übermittlung von Informationen über die Verwendung von Kupferverbindungen. <http://europa.eu.int/eur-lex>
- EU (Europäische Union) (2003): Verordnung (EG) Nr. 1452/2003 der Kommission vom 14. August 2003 zur Beibehaltung der Ausnahmeregelung gemäß Artikel 6 Absatz 3 Buchstabe a) der Verordnung (EWG) Nr. 2092/91 des Rates für bestimmte Arten von Saatgut und vegetativem Vermehrungsmaterial und zur Festlegung von Verfahrensvorschriften und Kriterien für diese Ausnahmeregelung. <http://europa.eu.int/eur-lex>
- Fricke, T., Hess, J. (2002): Perspektiven einer teilflächenspezifischen Bewirtschaftung im Ökologischen Landbau. In: Precision Agriculture – Eine Herausforderung an integrative Forschung, Entwicklung und Anwendung in der Praxis. KTBL-Sonderveröffentlichung 038, Darmstadt, S. 465–480
- Hamm, U. (2003): Der Bio-Markt in Deutschland. In: Ökologie & Landbau 31(126), S. 2
- Hamm, U. (2004): Umsätze und Umsatzanteile für Öko-Lebensmittel in Deutschland nach Absatzebenen. In: Ökomarkt Forum Nr. 27



- Hamm, U., Gronefeld, F., Halpin, D. (2002): Analysis of the European Market for Organic Food. School of Management and Business, University of Wales Aberystwyth, Aberystwyth
- Hashimoto, S. (2003): Weed Control for Organic Rice Production in Japan. In: Proceedings of the 2nd RDA/ARNOA International Conference, Cheonan, Korea, Nov. 2003
- Heuwinkel, H., Locher, F. (2000): An approach to describe the variability of nitrogen fixation by a clover grass mixture within a field. In: IFOAM 2000 – The world grows organic, Proceeding 13th International IFOAM Scientific Conference, S. 90
- ITC (International Trade Centre) (2002): Overview World Markets for Organic Food & Beverages (forecast). <http://www.intracen.org/mds/sectors/organic/overview.pdf>
- Jost, W. (2004): Technik geschickt genutzt. In: *bioland* 1/2004, S. 14–15
- Kahnt, G. (2003): Kulturpflanze und Unkraut. In: *Bodenbearbeitung und Unkrautregulierung im ökologischen Landbau*. KTBL-Schrift 416, Darmstadt
- Kahrs, J. (1995): Unkrautregulierung beim Mähdrusch. In: *Mechanische Unkrautregulierung*. KTBL-Arbeitspapier 222, Darmstadt
- Kielhorn, A., Dzinaj, T., Gelze, F., Grimm, J., Kleine-Hartlage, H., Kleine Hörstkamp, S., Kuntze, W., Linz, A., Naescher, J., Nardmann, M., Ruckelshausen, A., Trautz, D., Wisserodt, E. (2000): Beikrautregulierung in Reihenkulturen – Sensorgesteuerte Querhacke in Mais. In: *Z. PflKrankh. PflSchutz, Sonderh. XVII*, S. 207–216
- Kolbe, H., Petzold, W. (2002): Leistungsvergleich neuer Hackgeräte sowie Einsatzhinweise. In: *SÖL-Berater-Rundbrief* 1, S. 41–46
- KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft) (2002): *Taschenbuch Landwirtschaft 2002/03*, 21. Aufl., Darmstadt
- Lampkin, N., Foster, C., Padel, S., Midmore, P. (1999): The Policy and Regulatory Environment for Organic Farming in Europe. In: Dabbert, S., Lampkin, N., Michelsen, J., Nieberg, H., Zanolli, R. (Hg.) (1999): *Organic Farming in Europe – Economics and Policy*, Band 1. Institut für landwirtschaftliche Betriebslehre, Universität Hohenheim, Stuttgart
- Leinker, M., Kielhorn, A., Lehmann, B., Trautz, D. (2003): Teilflächenspezifische Wirtschaftsdüngerausbringung. In: *Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss.* 15, S. 276–277
- Meyer, J., Bertram, A., Weber, H. (1998): Feuer und Flamme gegen Unkräuter. In: *dlz* 4/98–52
- Möller, K. (2001): Einfluß und Wechselwirkung von Krautfäulebefall (*Phytophthora infestans* [Mont.] de Bary) und Stickstoffernährung auf Knollenwachstum und Ertrag von Kartoffeln im ökologischen Landbau. *FAM Berichte* 51, Dissertation Technische Universität München
- MUNLV NRW (Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen) (2001): *EG-Verordnung Ökologischer Landbau – Eine einführende Erläuterung mit Beispielen*. MUNLV NRW, Düsseldorf
- OCW (Organic Centre Wales) (2004): *Organic Farming Statistics*. <http://www.organic.aber.ac.uk/statistics/europe.shtml>



- Padel, S., Seymour, C., Foster, C. (2003): Report of All Three Rounds of the Delphi Inquiry on the European Market for Organic Food. http://www.irs.aber.ac.uk/omiard/publications-pdf/Delphi_Final_Report_Oct_2003_D.pdf
- Rademacher, J. (2003): Kontinuierliche Messung der Getreidequalität während des Mähdruschs. Dissertation, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik, Forschungsbericht Agrartechnik des VDI-MEG 416
- Ramharter, R., Besenhofer, G., Boxberger, J. (2001): Vergleich konventioneller Pflug mit Zweischichtenpflug im Hinblick auf Zugkraft- und Energiebedarf. In: Von Leit-Bildern zu Leit-Linien. Beiträge zur 6. Wissenschaftlichen Tagung zum Ökologischen Landbau, Freising-Weihenstephan, 06.–08. März 2001, Berlin, S. 361–363
- Risius, H. (2004): Möglichkeiten selektiver Erntetechnik am Beispiel der Proteingehaltsbestimmung von Weizen aus ökologischem Landbau. Seminararbeit im Wahlmodul »Verfahrenstechnik der Pflanzenproduktion«, Humboldt-Universität zu Berlin
- Röder, O. (2004): Telefonische Mitteilung. Fraunhofer-Institut für Elektronenstrahl- und Plasmatechnik, September 2004
- Rothmund, M. (2004): Schriftliche Mitteilung. Wissenschaftszentrum Weihenstephan (WZW), September 2004
- Ruckelshausen, A. (2004): Schriftliche Mitteilung. Fachhochschule Osnabrück, September 2004
- Scheffer, K. (2003): Der Anbau von Energiepflanzen als Chance einer weiteren Ökologisierung der Landnutzung. In: Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 15, S. 114–119
- Schmidt, H., Haccius, M. (1998): EU Regulation »Organic Farming« – A Legal and Agro-Ecological Commentary on the EU's Council Regulation (EEC) No. 2092/91, Weikersheim
- SÖL (Stiftung Ökologie & Landbau) (2004): Richtlinien und Gesetzgebungen zum ökologischen Landbau – IFOAM-Basis-Richtlinien. <http://www.soel.de/oekolandbau/richtlinien.html#ibr>
- Tauscher, B., Brack, G., Flachowsky, G., Henning, M., Köpke, U., Meier-Ploeger, A., Münzing, K., Niggli, U., Pabst, K., Rahmann, G., Willhöft, C., Mayer-Miebach, E. (2003): Bewertung von Lebensmitteln verschiedener Produktionsverfahren. <http://www.bmvel-forschung.de/themen/index.htm>
- Tigges, J. (2003): Untersuchungen zur phytosanitären Wirkung der Elektronenbehandlung von Getreidesaatgut an Atmosphärendruck. Dissertation, Humboldt-Universität zu Berlin, Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät
- Vakali, C., Köpke, U. (2001): Sproß- und Wurzelentwicklung von Getreide bei reduzierter Grundbodenbearbeitung im Ökologischen Landbau. In: Von Leit-Bildern zu Leit-Linien. Beiträge zur 6. Wissenschaftlichen Tagung zum Ökologischen Landbau, 06.–08. März 2001 Freising-Weihenstephan/Berlin
- Vogt, G. (2000): Entstehung und Entwicklung des ökologischen Landbaus im deutschsprachigen Raum. SÖL, Bad Dürkheim
- Weber, H., Meyer, J. (1997): Neue Entwicklung: Die Weihenstephaner Trennhacke. In: bio-land 1/97, S. 21



- Wilbois, K.-P., Schwab, A., Fischer, H., Bachinger, J., Palme, S., Peters, H., Dongus, S. (2004): Leitfaden für Praxisversuche – Eine Anleitung zur Planung, Durchführung und Auswertung von Praxisversuchen. Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL), Frankfurt; http://www.praxisversuche.de/pdf/leitfaden_praxisversuche.pdf
- Willer, H. (2003): Ressortforschung für den Öko-Landbau. In: Ökologie & Landbau 125, S. 63; <http://orgprints.org/00001773>
- Willer, H., Yussefi, M. (2004): The World of Organic Agriculture – Statistics and Emerging Trends 2004. IFOAM, Bonn
- Yussefi, M., Willer, H., Lünzer, I. (2004): Öko-Landbau in Deutschland. http://www.soel.de/oekolandbau/deutschland_ueber.html
- Ziebell, K. (2003): Zielgruppen für Bio-Produkte. Vortragsmaterialien auf dem Perspektivforum des Deutschen Bauernverbandes am 23. Oktober 2003 in Berlin
- ZMP (Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle für Erzeugnisse der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft) (2002): Ökomarkt Jahrbuch 2002 – Verkaufspreise im ökologischen Landbau. Bonn
- ZMP (Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle für Erzeugnisse der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft) (2003): Ökomarkt Jahrbuch 2003 – Verkaufspreise im ökologischen Landbau. Bonn
- ZMP (Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle für Erzeugnisse der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft) (2004): Ökomarkt Jahrbuch 2004 – Verkaufspreise im ökologischen Landbau. Bonn





ANHANG

TABELLENVERZEICHNIS 1.

Tab. 1:	Pflanzenschutzmittel und andere Mittel zur Bekämpfung von Schadorganismen im Ökolandbau nach EU-Verordnung 2092/91	23
Tab. 2:	Ökologischer Landbau in den Bundesländern 2003	26
Tab. 3:	Unterschiede in der Agrartechnikausstattung zwischen ökologischem Landbau und konventioneller Landwirtschaft	37
Tab. 4:	Verbleib von Unkrautsamen bei der Getreideernte	60

ABBILDUNGSVERZEICHNIS 2.

Abb. 1:	Anzahl der landwirtschaftlichen Betriebe (ökologischer Landbau sowie gesamt) in Deutschland von 1990 bis 2003	24
Abb. 2:	Landwirtschaftlich genutzte Fläche (ökologisch sowie gesamt) in Deutschland von 1990 bis 2003	26
Abb. 3:	Ökoproduktion in Deutschland 1998 bis 2002 (in t)	30
Abb. 4:	Ökoanteil an der deutschen Gesamtproduktion 1998 bis 2002 (in %)	30
Abb. 5:	Schematische Darstellung der mobilen Anlage zur Behandlung von Saatgut mit Elektronen	39
Abb. 6:	Weihenstephaner Trennhacke	45
Abb. 7:	Sensorgesteuerte Querhacke	46





**BÜRO FÜR TECHNIKFOLGEN-ABSCHÄTZUNG
BEIM DEUTSCHEN BUNDESTAG (TAB)**

Neue Schönhauser Str. 10
10178 Berlin
Fon +49(0)30/28 491-0
Fax +49(0)30/28 491-119
buero@tab.fzk.de
www.tab.fzk.de