

Kleinräumige Bestandesführung aus Sicht des Organischen Landbaus

Guido Haas

1 Einleitung

Eine Führung von Pflanzenbeständen in Abhängigkeit von Bodenunterschieden stellt auf Basis einer hierfür speziell ausgelegten Technik auch eine Herausforderung zur Optimierung der Produktionstechnik im Organischen Landbau dar. Die Erarbeitung einer wissenschaftlich fundierten Entscheidungsbasis und damit Fortentwicklung des Organischen Landbaus ist primär Ziel der Forschungstätigkeiten des Instituts für Organischen Landbau der Universität Bonn (KÖPKE 1989). Vor diesem Hintergrund erfolgt im ersten Teil dieses Beitrages eine Beurteilung des kleinräumigen Einsatzes landtechnischer Lösungen im Organischen Landbau.

Aufgrund der systemimmanenten Leistungen des Organischen Landbaus hinsichtlich einer ressourcen- und umweltschonenden Wirtschaftsweise wurden in der Vergangenheit verschiedene Anfragen einer vergleichenden Bewertung Konventioneller und Organischer Landbausysteme bearbeitet (HAAS und KÖPKE 1993a; HAAS und KÖPKE 1993b; BRANDENBURGER 1994; FRIEBEN und KÖPKE 1994). Die zugewiesene Kompetenz in ökologischen Fragen eine Stellungnahme unter den Stichworten Umweltrelevanz, Vergleich der Produktionssysteme und Technikfolgenabschätzung zu erarbeiten, war Hintergrund der Einladung zu diesem Beitrag. Die erwarteten kritischen Anmerkungen werden im zweiten Teil skizziert (Kap. 5).

2 Begriffsvielfalt

Die aktuelle Diskussion einer kleinräumigen Bestandesführung basiert im wesentlichen auf der Anwendung satellitengestützter Ortungsverfahren im Feld und den technischen Möglichkeiten eines variablen Maschinen- oder Dosiereinsatzes, um auf Bodenunterschiede innerhalb einer vorgegebenen Varianz reagieren zu können (vgl. VDI-AGR 1992; JAHNS und KÖGL 1993; KTBL 1994). Für eine kleinräumige Bestandesführung werden auch Verfahren der Echtzeit-Erfassung und Datenanalyse mit einer "On-Line"-Steuerung von Applikationsgeräten entwickelt. Die Vielfalt von wünschbaren Anforderungen führte in der Vergangenheit zu einer überraschenden Fülle von Termini, die unterschiedliche Zielsetzungen, Hoffnungen und Anwendungsbereiche widerspiegeln. Sehr umfassende und weitgesteckte Zielsetzungen eines "Lokalen Ressourcen Management", einer "standortgerechten Bestandesführung" oder eines "farming by soil" geben nur eine unscharfe Charakterisierung. Mit den letzten beiden Begriffen ist eine Grundvoraussetzung landwirtschaftlicher Erzeugung - zumindest im Organischen Landbau - wiedergegeben.

Problematisch sind auch die mit den Begriffen "kontrollierter Anbau", "bodengerechte Düngung" oder "umweltneutraler Landbau" implizierten Vorstellungen, welche die aktuelle Diskussion und das Einsatzpotential in nicht sehr konstruktiver Weise überfrachten. Neben der einzig definierten und gesetzlich vorgeschriebenen Kontrolle eines Anbaus im Organischen Landbau (EWG 1991), stellt sich die Frage, ob Landbau überhaupt neutral oder gerecht sein kann.

Zur begrifflichen Ausarbeitung einer "Teilschlagbewirtschaftung" oder einer "kleinräumigen Bestandesführung" bis hin zu einem "farming by the meter" wird im weiteren Beitrag mit Verweisen auf zuvor genannte Ansprüche hinsichtlich der Umweltrelevanz eingegangen. Vor dem Hintergrund der am Institut für Organischen Landbau durchgeführten Arbeiten kann keine detaillierte Beurteilung der Technik als solches vorgestellt werden, bisheriger Arbeitsinhalt war im wesentlichen die Charakterisierung heterogener Auenböden hinsichtlich ihrer Eignung für pflanzenbauliche Feldversuche (HAAS und KÖPKE 1991).

3 Organischer Landbau

3.1 Rahmenbedingungen

Um die Optionen und Potentiale einer kleinräumigen Bestandesführung im Organischen Landbau zu realisieren, sind die spezifischen Rahmenbedingungen dieser Wirtschaftsweise zu berücksichtigen, u.a. ist die Zufuhr externer Betriebsmittel

- eingeschränkt (nur bestimmte Phosphor-, Kali- und Kalk-Düngemittel zugelassen),
- reglementiert (Futtermittel-Zukaufsmenge, Zufuhr organischer Düngemittel) oder
- verboten (chemisch-synthetische Pflanzenschutzmittel, mineralische Stickstoffdünger).

Im Hinblick auf die hier behandelte Thematik ergeben sich u.a. folgende Konsequenzen (vgl. KÖPKE 1993):

- a) Verzicht auf wesentliche im Konventionellen Pflanzenbau zur gezielten Steuerung einsetzbare und damit direkt wirkende Maßnahmen der mineralischen Düngung und des chemischen Pflanzenschutzes. Für den Organischen Landbau ist damit der zur Zeit diskutierte Hauptanwendungsbereich ausgeschlossen. Ein hier möglicherweise gegebener Kosten-Nutzen-Vorteil entfällt.
- b) Optimierung des innerbetrieblichen Nährstoffkreislaufes und der innerbetrieblichen Produktivität ist essentiell.
- c) Verlustminimierung ist die Voraussetzung für die dauerhafte Sicherung der innerbetrieblichen Produktivität.
- d) Ressourcenschutz (Boden, Wasser, Luft, fossile Energieträger, etc.) stellt eine wesentliche, selbstgesteckte Rahmenbedingung dar.

Diese Restriktionen und Zielsetzungen wirken sich in der Gestaltung der Betriebsorganisation (Fruchtfolgen, Viehbesatz, Anbauverfahren, Maschinenausstattung, Landschaftsgestaltung, etc.) aus. Generell sind im Organischen Landbau pflanzenbauliche Maßnahmen *indirekter* Wirkungsart dominant; Fehler im Management können im Produktionssystem Organischer Landbau kaum durch schnell wirkende und *direkt* einsetzbare Maßnahmen überdeckt bzw. ausgeglichen werden. Pflanzenbestände im Organischen Landbau sind, einmal angelegt, (Saat/ Pflanzung) meist nur begrenzt beeinflussbar, im Gegensatz zu im konventionellen Landbau realisierbaren Konzepten (vgl. Beitrag A. Werner in diesem Band).

3.2 Anwendung

Für eine kleinräumige Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Nutzflächen eröffnen sich im Organischen Landbau unter Berücksichtigung der zuvor aufgeführten Kriterien folgende skizzenhaft dargestellte Applikationsbereiche:

BODENBEARBEITUNG: Grundsätzlich sind alle realisierbaren Möglichkeiten einer gezielten Variation der Bearbeitungsintensität mit dem Ziel eines optimierten Bodenschutzes oder der Saatbettbereitung auch im Organischen Landbau übertragbar. Verfahren der Minimalbodenbearbeitung oder Festboden-Mulch-Systeme sind allerdings im Organischen Landbau aufgrund des resultierenden höheren Unkrautdruckes enge Grenzen gesetzt.

UNKRAUTREGULIERUNG: Für eine kleinräumige Variation mechanischer und thermischer Unkrautregulierung ergeben sich grundsätzlich ähnliche Einsatzbereiche wie im Bereich chemischer Pflanzenschutzmaßnahmen. Vorstellbar ist die "Echt-Zeit"-Kopplung von sensor-gesteuerten automatischen Geräteführungs-Systemen (Fahrgeschwindigkeit, Brennersteuerung, Reihenanschluß, Arbeitstiefe etc.; vgl. BERTRAM 1994; HOFFMANN 1994; WEBER 1994) mit vorlaufender digitaler Bilderfassung von Unkräutern und damit gezielter Variation der Unkraut-Regulierungsintensität.

Der bei Organischer Bewirtschaftung generell höhere Ackerwildkrautbesatz kann bei optimierter mechanischer Unkrautregulierung aus Sicht des Naturschutzes zu stark beeinträchtigt werden (vgl. FRIEBEN & KÖPKE 1994). Hier ist eine Ausweisung von Teilarealen mit besonders schützenswerten Wildkrautarten hinsichtlich einer Reduzierung der Unkraut-Regulierungsintensität wünschenswert. Dieser Naturschutzaspekt wäre analog für die Variation der Nutzungsintensität von Grünlandflächen und für kleinräumig variierte Düngungsstrategien von in der Regel für den Naturschutz interessanten mageren Teilflächen übertragbar.

DÜNGUNG: Außer für mineralischen Stickstoff sind technische Lösungen einer kleinräumigen Variation von Ausbringung und Zusammensetzung mineralischer Dünger übertragbar (u.a. Mehrkammersysteme).

Entsprechend gezielte Düngerapplikationen können bei heterogenen Böden eine Auswaschung von Kalium bei sandigem Bodensubstrat oder die Festlegung von gedüngtem Rohphosphat in Abhängigkeit vom pH-Wert des Bodens minimieren. Eine gezielte Beeinflussung von Bodenhumusgehalten in Teilarealen kann durch eine variierte Ausbringung von Wirtschaftsdüngern erfolgen.

Die gezieltere Variation einer Applikation organischer Düngemittel setzt allerdings erhebliche Verbesserungen der bisher vor allem bei Stallmist mangelhaften Verteilgenauigkeit und der Verlustminimierung bei Ausbringung flüssiger Wirtschaftsdünger, ohne allerdings bodenschutzrelevante Maschinengewichte zu erreichen.

BESTANDESFÜHRUNG: Anbaukonzepte von Getreide, die optional verschiedene Maßnahmen der Bestandesführung im Organischen Landbau variieren (u.a. Aussaatstärke, Reihenabstand, mechanische Unkrautregulierung, organische Jauchedüngung; vgl. EISELE 1992; SCHENKE und KÖPKE 1994), können Ausgangsbasis einer gezielten kleinräumigen Differenzierung darstellen.

Technische Realisierbarkeit und ökonomische Tragfähigkeit vorausgesetzt, können, unter Berücksichtigung der selbst gesetzten Restriktionen, auch im Organischen Landbau Konzepte einer kleinräumigen Bestandesführung realisiert werden.

3.3 Informationsbasis einer standortgerechten Landbewirtschaftung

Die kleinräumige Steuerung von Pflanzenbeständen bedarf einer entsprechenden Entscheidungsgrundlage u.a. in Form von durch Fernerkundung, Boden- oder Ertragskartierung gewonnenen Raumdaten. Unabhängig davon, ob diese räumlich zuordenbare Informationen für eine kleinräumige Bestandesführung genutzt werden, kann diese Vorstufe der Informationsgewinnung, -verwaltung und -darstellung eine wichtige Entscheidungsgrundlage für spezifische standortbezogene Handlungsanweisungen darstellen, ohne sekundär technische Verfahren hiermit zu koppeln.

Insbesondere im Organischen Landbau ist die Kenntnis der Standortdaten essentiell für ein optimales Management des Produktionssystems, weil

- die Produktivität des Standortes gegeben und kaum kurzfristig direkt steuer- und regelbar ist und
- je kleinräumiger die Kenntnis der Standortgegebenheiten ist, indirekte Maßnahmen umso wirkungsvoller eingesetzt werden können (vgl. Kap. 3.1).

Die Erhebung von Standortdaten durch satellitengestützte Ortung und deren räumliche Zuordnung, Verarbeitung und Darstellung wird in mehreren Bereichen eingesetzt werden:

- Entscheidungsgrundlage der landwirtschaftlichen Praxis, insbesondere bei graphischer Darstellung ausgewerteter Flächendaten; Ankopplung automatisierter Protokollierung von Arbeits- und Orts-Einsatzdaten erschließen direkt EDV-gestützte Verfahren der Dokumentation und Auswertung.
- Dienstleistung zur räumlich zuordenbaren Ermittlung von Standortdaten (z.B. Boden-Probenahme, Vegetationskartierung).
- Wissenschaftliches Monitoring (u.a. Dauerbeobachtungsflächen, Dauerbeprobungsflächen, Referenzflächen).
- Flurneuordnung (Flurstücksteilung und -zusammenlegung) basierend auf einer breiteren Grundlage an Standortdaten und damit erweiterten Entscheidungskriterien.
- Naturschutz, u.a. Gestaltung von Biotopmosaiken und -vernetzungen in Abwägung von Naturschutz- und Bewirtschaftungs-Erfordernissen auf entsprechend räumlich zuordenbaren Informationsgrundlagen.
- Überwachung (Aufsichtsbehörde, Wasserwerke, etc): Ob aus Sicht der Anwender in der landwirtschaftlichen Praxis und Beratung die teilweise angedeuteten Vorteile einer automatisierten Überwachung und Kontrolle befürwortet wird, ist in Frage zu stellen.
- Die Verfahren der exakten Ortung erlauben darüber hinaus erste Ansätze einer vollständigen Fernsteuerung und Automatisierung maschineller Feldarbeiten.

Bereits zu diesem Zweck angewendete Verfahren der geodätischen Vermessung und Absteckung (elektro-optische Tachymeter) benötigen einen relativ hohen Arbeitszeitbedarf, einseitigen Investitionsbedarf und eine oft nicht realisierbare Sachkunde.

Neben der Tatsache, daß eine kleinräumige Bestandesführung nicht unbedingt auf technischen Lösungen basieren muß (vgl. Kap. 5), ist in der Vorstufe einer Bereitstellung von räumlich zuordenbaren Standortdaten bereits ein wesentliches Instrument einer standortgerechten Landnutzung zu sehen.

4 Heterogenität - Variabilität

"Kleinräumigkeit" oder die "Unterteilbarkeit von Schlägen" sind dimensionslose Begriffe:

- Wie klein soll oder kann der Raum sein, bzw. wie viele Teile der Schlag enthalten?
- Sind es 1 x 1 m, 10 x 10 m, 100 x 100 m große Areale oder Rastergrößen (Beispiel für Quadrate)?

Aus Sicht des Pflanzenbaus sollten sie möglichst klein gewählt werden. Dem steht die realisierbare Auflösung gegenüber:

- LANDTECHNIK: Arbeitsbreiten der Maschinen (von 1 m bis 100 m, z.B. Beregnung)
- Genauigkeit der ORTUNG
- BEPROBUNGSDICHTE: Erntekartierung durch Mähdruschbreite und Auflösung in Fahrtrichtung; Bodenprobenahme beliebig, aber ökonomisch begrenzt.
- AUFLÖSUNG/Maßstab: Luftbild- und Kartenunterlagen (topographisch und thematisch, u.a. Bodenschätzung)
- BODENVARIABILITÄT

Zu letztgenanntem Aspekt der bodenbedingten Variabilität von Pflanzenbeständen ist in Abbildung 1 ein Beispiel für einen heterogenen Auenboden abgebildet. Eigene Erhebungen auf reliefarmen Auenböden zeigten eine hohe Variabilität hinsichtlich bodenbedingter Bestandesunterschiede innerhalb weniger Meter (Abb. 1). Bodenbeprobungen und hieraus abgeleitete Boden-Klassengrenzen stimmten oft nicht mit anhand von Luftbildaufnahmen während der Vegetationszeit und durch Rasterbeerntungen ermittelten Abgrenzungen von Teilarealen überein. Die Erstellung von Bodenkarten beruht auf einer Interpolation der im Abstand von mindestens 25 - 50 m punktuell gewonnenen Bodendaten. Dies kann bei heterogenen Auenböden zu kraß abweichenden Arealgrenzen führen. Bodendaten, selbst erhoben oder aus Bodenkarten entnommen, bedürfen demnach immer einer Validierung durch entsprechende Ertragsaufnahmen, indem die Pflanze als Indikator für Bodenbedingungen dient. Aber auch umgekehrt, sind aus Ertragsdaten nicht zwangsläufig enge Korrelationen zu Bodenparametern gegeben.

Grafik nur im Originaldruck

Abb. 1: Kornertrag Winterweizen (Klassenbreiten in dt/ha bei 14% Feuchte) 1991 - Quadratmeterernten im Raster von 4m Abstand (Freiflächen blieben ohne Beerntung; unveröffentlicht, Wiesengut - Versuchsbetrieb für Organischen Landbau in Hennef)

Eine Reaktion auf kleinsträumige bodenbedingte Bestandesunterschiede wird bei sehr heterogenen Flächen (z.B. Auenböden) kaum technisch und ökonomisch befriedigend zu bewältigen sein, insbesondere dann, wenn nicht gleichförmig in oder quer zur Fahrtrichtung verlaufende Bodenwechsel auftreten.

5 Umweltrelevanz kleinräumiger Bestandesführung

5.1 Landschaftsgestaltung - Gestaltung durch Teilung von Flächen

Im Vorfeld eines möglichen Technikeinsatzes sind die Fragen der Flurgestaltung zu beantworten:

- Bewirtschaftung von geteilten Schlägen statt Teilschlagbewirtschaftung?
- Gestaltung von Feldstücken für den optimalen Einsatz eines kleinräumig variierten Technikeinsatzes möglich?

In Abbildung 2 ist das Ergebnis einer Flurneuordnung dargestellt. Ohne die Notwendigkeit einer Zusammenlegung grundsätzlich in Frage zu stellen, ist anhand der ursprünglichen Flurteilung einsehbar, daß ehemals geteilte Schläge flurbedingt kleinräumig bewirtschaftet wurden. Erst nach Zusammenlegung im Rahmen der Flurneuordnung trat das Problem heterogener Bodenbedingungen auf.

Grafik nur im Originaldruck

Abb. 2: Flurteilung vor (links) und nach (rechts) einem Flurneuordnungs-Verfahren am Niederrhein (Römische Ziffern: Wasserschutzzone)

Wenn, wie im vorhergehenden Kapitel ausgeführt, Variationen im Meterbereich kaum applikationstechnisch zu bewältigen sind, wird eine kleinräumige Differenzierung erst ab größeren Rastergrößen durchführbar sein. Werden dann aber bereits in sich relativ homogene Teilareale einer Größenordnung ab 50 bis 100 m erreicht, stellt sich die Frage nach der Notwendigkeit einer automatisierten, technischen Variation. Standortkundige Landwirte können aus Erfahrung heraus gleichwertige Leistungen durchführen.

Optimal wird eine Technik zur kleinräumigen Bestandesführung bei großen Betrieben mit großen Flächen eingesetzt werden (z.B. nord- und ostdeutsche Verhältnisse).

Große Betriebe

Große Betriebseinheiten werden aus Gründen des Maschinenbesatzes aber auch aus Gründen des Managements (Überschaubarkeit der Betriebsflächen), zu größer dimensionierten Flächeneinheiten tendieren. Spätestens bei einer Bewirtschaftung durch mehrere Lohnarbeitskräfte oder Lohnunternehmer ist eine eingehende Flächenkenntnis nicht mehr gegeben.

Große Flächen

Eine teilweise übertriebene Flur"bereinigung" hatte vielfach Flächengrößen und Flächenaufteilungen zur Folge, die in großräumig monotonen und artenarmen Landschaften endeten. Diese großräumig mit einer Kultur bestellbaren Flächen bieten heute ideale Ansatzpunkte für technische Lösungen einer kleinräumig differenzierten Bewirtschaftung.

Generell sollten Flurneuordnungen neben vermeintlichen und realen Bewirtschaftungsanforderungen auch vermehrt innerhalb ökologischer und regionaler (Landschaftsbild) Rahmenvorgaben gestaltet werden. Hierbei können sowohl Zusammenlegungen (westliche Bundesländer) oder notwendige Rückführungen überdimensionierter Feldstücke (östliche Bundesländer) in standortbezogen verträglichere Größenordnungen unter dem Gesichtspunkt durchgeführt werden, den Einsatz einer Technik zur kleinräumigen Bestandesführung zu optimieren oder gar zu erübrigen.

Höhere Anforderungen an die Fähigkeiten der Betriebsleiter im komplexeren Anbausystem Organischer Landbau werden den Zwang zu einer für dieses Produktionssystem noch über- bzw. durchschaubaren Betriebs-Flächengröße bedingen. Aus Gründen der im Organischen Landbau selbstgesteckten Ziele einer Pflege des Landschaftsbildes, des Naturschutzes und der Förderung von Selbstregulation im Agrarökosystem werden Flächengrößen standortangepaßte Ausmaße annehmen müssen und damit vergleichsweise geringere Betriebs- und Flächengrößen realisiert werden.

5.2 Reduzierung der Umweltbelastung ?

Kernprobleme heutiger konventioneller Landbewirtschaftung sind u.a. unerwünschte bzw. nicht tragbare Folgen des chemischen Pflanzenschutzes, zu hoher Stickstoffeinsatz und ausgeräumte, monotone Agrarlandschaften. Eine Beurteilung der Umweltwirkungen technischer Verfahren einer kleinräumigen Bestandesführung anhand dieser Aspekte zeigt nicht zwangsläufig ein positives Bild.

Wie im vorhergehenden Kapitel dargestellt, wird bevorzugt in großräumigen, "bereinigten" agrarischen Produktionsgebieten der Einsatz einer kleinräumigen Bestandesführung realisiert werden.

Hinsichtlich der Stickstoffaufwendungen mit positiven Bilanzsalden in Höhe von ca. 160 kg N/ha und Jahr (ISERMANN und STURM 1990) werden selbst bei kleinräumiger Bewirtschaftung kaum wesentliche Reduzierungen eintreten können. Der enorme Überschuß bedingt durch einseitig spezialisierte Betriebe, flächenunabhängige Intensivtierhaltung auf Basis von Futtermittel-Zukäufen u.a. aus günstig bilanzierten Ackerbaubetrieben und enge Fruchtfolgen läßt u.a. eine hinreichende Verwertung von Wirtschaftsdüngern und die Ausnutzung von

Vorfruchteffekten in vielfältigen Fruchtfolgen nicht zu. Diese strukturellen Ursachen werden durch technische Maßnahmen nicht zu lösen sein.

Dem Anspruch einer gezielteren Applikation von Düngemitteln in Abhängigkeit von variablen, bodenbedingten Bestandesunterschieden stehen Mängel an entsprechender Datengrundlage entgegen. Mit Hilfe von hochauflösenden, mehrjährigen Ertragskarten werden zwar Ertragsareale verschiedener Produktivität abgrenzbar sein, aber Unsicherheiten hinsichtlich abzuleitender Handlungsanweisungen für die Bewirtschaftung bestehen bleiben. Dies sei anhand folgender Einzelaspekte beleuchtet:

- Eine kleinräumige Bestandesdüngung wird nicht zwangsläufig zu geringeren durchschnittlichen Stickstoffaufwendungen führen. Ausgehend vom bisherigen Ausgangsniveau der Düngung (Sollwert entsprechend dem Durchschnittsertrag, darunter oder darüber liegend) wird in Abhängigkeit von der Varianz der Fläche auch eine höhere Düngung bei überwiegend potentiell ertragreichen Arealen die Folge sein.
- Böden mit einem höheren Gefährdungspotential hinsichtlich der Austräge an Nitrat sind zumeist sandig und/oder flachgründig. Eine höhere Verlagerung in tiefere Bodenschichten über Winter resultiert in niedrigeren N_{min}-Werten im Frühjahr. Da in der Regel ein geringeres Nachlieferungsvermögen an mineralisiertem Bodenstickstoff hinzukommt, ist keineswegs mit geringeren Stickstoffaufwendungen aus Sicht der Praxis die Bestandesführung machbar. Empfehlungen der Officialberatung und die landwirtschaftliche Praxis bestätigen dies.
- "Überdüngte" Standorte auf leichten Böden werden aufgrund höherer Nährstoffverluste bei begrenztem Wasserspeichervermögen zudem kaum negative Ertragseffekte wie bspw. Lager und höheren Krankheitsdruck aufweisen. Andererseits können witterungsbedingt durchaus Höchstträge erzielt werden.
- Eine witterungsbedingt nicht ausschöpfbare N-Düngung (Höchsttrag nicht realisierbar) und ein damit überdüngter Bestand haben geringere monetäre Nachteile zur Folge im Vergleich zu geringeren N-Aufwendungen mit der Konsequenz witterungsbedingt (Höchsttrag realisierbar) Ertragseinbußen in Kauf zu nehmen. Demnach ist es rational die Stickstoffdüngung an den bei entsprechender Witterung realisierbaren Höchstträgen auszurichten, mit der Folge, das "Restrisiko positives N-Saldo" in Kauf zu nehmen.
- Zumeist ist die Verwertung von gedüngtem Stickstoff aus Gründen der limitierten nutzbaren Feldkapazität im durchwurzelbaren Bodenraum im Frühsommer-Sommer begrenzt. Deshalb kann erst eine ausbleibende oder reduzierte Spätdüngung auf leichten Teilarealen sinnvoll sein. Um die anzuliefernde Qualität von z.B. A-Weizen homogen zu gewährleisten, sind aber in diesem Fall einer je nach Witterung kleinräumig potentiellen Unterdüngung an Stickstoff Grenzen gesetzt. Grundsätzlich können zwar insgesamt geringere Düngermengen auf leichten Standorten sinnvoll sein, dies wird aber das Grundproblem der witterungsbedingten Gefahr eines höheren bilanzmäßigen Stickstoffüberschusses nicht lösen. Dem stehen die ökonomischen Rahmenbedingungen entgegen.
- Konzepte, die diese Problematik mit Hilfe von Simulationsmodellen lösen möchten, scheitern bisher in der Praxis an der mangelnden Übereinstimmung der Ergebnisse bei Anwen-

dung auf verschiedenen Standorten bzw. mangelnder Vergleichbarkeit der Ergebnisse verschiedener Modelle (vgl. van VEEN 1993).

- Dies ist teilweise mit der nach wie vor ungenügenden Kenntnis und Quantifizierung der Umsetzungsprozesse im Boden (Mineralisation und Immobilisierung) und der möglichen aktiven pflanzlichen Nährstoffmobilisierung durch die Wurzel bzw. des symbiontisch bewirkten Nährstoffaufschlusses (bei Nicht-N-Nährstoffen) begründet (vgl. Beiträge in WERNER und KÖPKE 1994).
- Heutige Stickstoffdüngerpreise bieten keinen wesentlichen Anreiz, nicht das bei optimaler Witterung erreichbare Ertragsoptimum zu "erdüngen" bzw. die Düngemenge vielfach gesplittet und damit eventuell in der Gesamtmenge reduziert, auszubringen. Eine differenzierte auf Basis von Bedarfssimulationen mehrfach geteilte und damit dem Vegetationsverlauf angepaßte Bestandesführung ist bei heutigen Rahmenbedingungen (u.a. Getreideerlös und Stickstoffpreis versus Arbeitszeit- und Maschinenkosten) ökonomisch nicht rational.
- Mit Hilfe von Ertragskarten können über Entzugsberechnungen Düngebedarfsprognosen erstellt werden. Dies läßt aber den Status quo des Bodens außer acht. Die notwendige Berücksichtigung der Nährstoffgehalte im Boden bedarf bei einer kleinräumigen Bestandesführung auch kleinräumiger und damit aufwendiger Bodenbeprobungen. Dies ist bei befriedigender Probennahmedichte entsprechend kostenaufwendig.
- Pflanzenschutzmittel-Aufwendungen können bei kleinräumiger Bestandesführung eventuell reduziert werden. Allerdings zeigt die Praxis des Integrierten Ackerbaus (im Prinzip bisher eine reine Schadschwellen-Strategie), daß durch regelmäßige Beobachtung und Bonituren eine gezieltere Bestandesführung in Form erhöhter Pflanzenschutz-Aufwendungen eintreten kann. Werden zudem ertragreiche Teilareale besonders intensiv gedüngt, können Krankheitsdruck und in der Folge Pflanzenschutzmaßnahmen sogar zunehmen.
- Problematisch ist eine Steuerung von Herbizid-Ausbringmengen nach den Kohlenstoffgehalten des Bodens (NORDMEYER und NIEMANN 1992). Höhere C-Gehalte verringern das Wirkungspotential ausgebrachter Herbizide aufgrund der höheren Sorptionsfähigkeit. Damit wären in Teilarealen gesteigerte Applikationsmengen die Folge bzw. erforderlich. Diese verursachen allerdings höhere Rückstandsmengen (Akkumulation) an Wirkstoffen oder deren Metabolite im Boden, insbesondere bei wirkungsbedingt persistenten Herbiziden.
- Sandige Böden mit geringeren C-Gehalten weisen eine geringere Sorptionskapazität auf und stellen aufgrund ihres Wasserhaushaltes austragsgefährdetere Standorte dar. Da sie im Frühjahr rascher abtrocknen und höhere Bodentemperaturen aufweisen, sind potentiell höhere Unkraut-Keimraten die Folge. Eine Reduzierung auszubringender Herbizidmengen ist dann nur begrenzt möglich.
- Einsparungen durch eine kleinräumige Bestandesführung sind bei Herbizid-Wirkstoffen denkbar. Fungizid- und Insektizid-Applikationen können mangels verlässlicher Korrelationen nicht zwangsläufig in Abhängigkeit von Bodenunterschieden und Ertragskarten ausgebracht werden. Sie nehmen aber in intensiv geführten Kulturen (u.a. Kartoffeln) den überwiegenden Wirkstoffanteil ein.

Die Problematik einer nicht kleinräumig erhebbarer Datengrundlage oder nur unzulänglicher Korrelationen wird mittel- bis langfristig nur durch Echtzeitsteuerung möglich sein, wie dies im Bereich der Unkrauterfassung über Bildanalyse möglich ist. Blattnekrosen als Indikatoren für Fungizidapplikationen oder Blattaufhellungen infolge von Stickstoffmangel werden in ferner Zukunft eventuell zu kleinräumig differenzierten Applikationsmengen an Betriebsmittel führen können.

Aus Gründen der heute notwendigen Rückführung der speziellen Intensität, werden die bislang erst in der Entwicklung stehenden technischen Lösungen zumindest absehbar nicht den bestehenden Ressourcenschutz- und Vorsorgeanforderungen flächendeckend gerecht. Von Seiten des Wasserschutzes oder des Klimaschutzes werden z.B. Aufwandmengen auf heterogenen Flächen sich solange am geringstmöglichen Belastungspotential von Teilarealen einer Gesamtfläche orientieren müssen. Dies kann z.B. die Orientierung der Stickstoffdüngung für einen Schlag am Teilareal mit dem niedrigsten Ertragspotential bedeuten.

Angesichts heutiger durch die Landwirtschaft verursachter Umweltprobleme, dürfte eine Verringerung von kleinräumig differenziert ausgebrachten Stickstoffdüngern und Pflanzenschutzmitteln nur marginale Größenordnungen erreichen. Die notwendige Reduzierung der landwirtschaftlich bedingten Umweltbelastung wird wirksam nur durch eine Neu- bzw. Restrukturierung der heutigen Organisationsformen landwirtschaftlicher Betriebe in Kombination mit innovativer Technik möglich sein.

6 Ausblick und Zusammenfassung

Eine Technik zur kleinräumigen Bestandesführung und deren Vorstufen der räumlich zuordenbaren Informationsbasis, -verarbeitung und -darstellung eröffnet auch neue Perspektiven für standortadaptierte Produktionsverfahren. Der Verzicht auf mineralische Stickstoffdüngung und chemisch-synthetischen Pflanzenschutz läßt im Organischen Landbau allerdings einige der heute anvisierten Hauptanwendungsbereiche zur direkten Steuerung von Pflanzenbeständen nicht zu.

Im Hinblick auf ökologische Leistungen sollte die Technik zur kleinräumigen Bestandesführung nicht mit übertriebenen Hoffnungen überfrachtet werden, um Entwicklungschancen nicht unnötig zu belasten. Dies gilt u.a. für die ökologische Beurteilung der Landschaft bzw. Bewirtschaftungsräume angedeuteter Zielgruppen von Großbetrieben mit großen Flächeneinheiten.

Da der "Kleinheit" des bewirtschafteten Raumes natürliche (Bodenheterogenität) und technisch-ökonomische Grenzen gesetzt sind, können feste Schlagteilungen eine technische Teilschlagbewirtschaftung im speziellen Anwendungsfall optimieren evtl. sogar erübrigen. Diese Fragestellung ist vorrangig abzuklären.

Anvisierte Einsparungen im Bereich der Stickstoffdüngung und chemischen Pflanzenschutz-Aufwendungen werden langfristig durch eine kleinräumige Bestandesführung nicht per se realisiert werden. Eine wirksame Reduzierung der durch die Landwirtschaft verursachten Umwelt- und Klimabelastungen wird nur durch eine wirksame Rückführung einseitig ausgerichteter Organisationsstrukturen landwirtschaftlicher Betriebe zu erreichen sein. Dafür hat der Organische Landbau Vorbildfunktion.

7 Fazit

Zum Ende des Beitrages wurden zwar Aspekte aufgezeigt, deren Zielsetzungen eine zu hohe Meßlatte aufweisen, aber eine gesunde Skepsis und eine gedämpfte Euphorie werden Verfahren und Konzepte kleinräumiger Bestandesführung langfristig konstruktiver umsetzen lassen. Neue Techniken werden in grundsätzlich zu überdenkende Entwicklungskonzepte und Leitbilder zukünftiger Landbewirtschaftung einzuordnen sein.

8 Literatur

- BERTRAM, A. 1994 Wärmeübergang und Pflanzenschädigung bei der thermischen Unkrautbekämpfung. Z. PflKrankh. PflSchutz Sh 24, 273-280.
- BRANDENBURGER, H. 1994: Über den Einfluß des Anbauverfahrens von Futter auf die Gesundheit von Kaninchen unter besonderer Berücksichtigung der Reaktion auf futterbedingte Belastungen. Ein Vergleich von Produkten aus organischem Anbau und konventioneller Erzeugung. Diss. agr., Universität Bonn.
- EWG (DER RAT DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN, Hrsg.) 1991: Verordnung (EWG) Nr. 2092/91 des Rates über den ökologischen Landbau und die entsprechende Kennzeichnung der landwirtschaftlichen Erzeugnisse und Lebensmittel. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 198/1.
- EISELE, J. 1992: Sortenwahl bei Winterweizen im Organischen Landbau unter besonderer Berücksichtigung der morphologisch bedingten Konkurrenzskraft gegenüber Unkräutern. Diss. agr., Universität Bonn.
- FRIEBEN, B. und U. KÖPKE 1994: Bedeutung des Organischen Landbaus für den Arten- und Biotopschutz in der Agrarlandschaft. In: Forschungsbericht zur 8. Wiss. Fachtagung "Integrative Extensivierungs- und Naturschutzstrategien" des Lehr- und Forschungsschwerpunktes "Umweltverträgliche und standortgerechte Landwirtschaft" der Landwirtschaftlichen Fakultät, Universität Bonn, 5.05.1994.
- HAAS, G. und U. KÖPKE 1991: Heterogene Auenböden: Optimierte Auswahl von Feldversuchsflächen. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 4, 335-338.
- HAAS, G. und U. KÖPKE 1993a: Auswirkungen der Methoden des Konventionellen, Integrierten und Organischen Landbaus auf Boden, Sickerwasser und Grundwasser der Wasserschutzzonen Werthhof und Rheinfähre, Kreis Neuss. Vorstudie im Auftrag der Städtischen Werke Krefeld, unveröffentlicht.
- HAAS, G. und U. KÖPKE 1993b: Vergleich der Klimarelevanz Ökologischer und Konventioneller Landbewirtschaftung. Studie im Auftrag der Enquetekommission des Deutschen Bundestages "Schutz der Erdatmosphäre", 2. überarbeitete Fassung, Dez. 1993.
- HOFFMANN, M. 1994: Sensorgesteuerte Unkrautbekämpfung. Z. PflKrankh. PflSchutz Sh 24, 289-294.
- ISERMANN, K. und H. STURM 1990: Stickstoff- und Phosphor- Bilanzierung der Landwirtschaft im Vergleich westeuropäischer Länder. VDLUFA-Schriftenreihe 32, Kongreßband 1990, 229-235.
- JAHNS, G. und H. KÖGL 1993: Satellitensysteme zur Ortung und Navigation landwirtschaftlicher Fahrzeuge - Ein Beitrag zur Technikfolgenabschätzung. Landbauforschung Völknerode 43, H. 2/3, 125-148.
- KÖPKE, U. 1990: Strategien des Organischen Landbaus. In: Forschungsbericht 1987-1989 der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn. Eigenverlag, Bonn, 165-182.
- KÖPKE, U. 1993: Nährstoffmanagement durch acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen. Berichte über Landwirtschaft, Sonderheft 207, 181-203.
- KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft; Hrsg.) 1994: Elektronikeinsatz in der Außenwirtschaft. Arbeitspapier 175, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup.
- NORDMEYER, H. und P. NIEMANN 1992: Möglichkeiten der gezielten Teilflächenbehandlung mit Herbiziden auf der Grundlage von Unkrautverteilung und Bodenvariabilität. Z. PflKrankh. PflSchutz Sh 13, 539-548.
- SCHENKE, H. und U. KÖPKE 1994: Anbautechnische Maßnahmen zur Unkrautkontrolle bei Winterweizen in Anbausystemen des Organischen Landbaus. Z. PflKrankh. PflSchutz Sh 24, 333-342.

Haas, G. 1995: Kleinräumige Bestandesführung aus Sicht des Organischen Landbaus. In: KTBL- Arbeitspapier 214

VDI-AGR (Verein Deutscher Ingenieure-Gesellschaft Agrartechnik; Hrsg.) 1992: Ortung und Navigation landwirtschaftlicher Fahrzeuge. VDI/MEG Kolloquium Agrartechnik, H. 14, Eigenverlag.

VEEN, van J.A. 1993: Modelle zum Stickstoff im Boden: Betrachtungen zum Stand der Forschung. Berichte über Landwirtschaft, Sonderheft 207, 158-169.

WEBER, H. 1994: Unkrautbekämpfung mit Reihenhackbürsten - Bekämpfungserfolg kontra Bodenschonung. Z. PflKrankh. PflSchutz Sh 24, 281-288.

WERNER, W. und U. KÖPKE (Hrsg.) 1994: Nährstoffhaushalt. Tagungsband 5 der Reihe Bodennutzung und Bodenfruchtbarkeit. Berichte über Landwirtschaft, Sonderheft 207.

Anfrage für Sonderdruck/Fotokopie an

Dr. Guido HAAS

AgrarIngenieurbuero Haas

www.agrarhaas.de

Email g.haas@agrارhaas.de

Oekologischer Landbau - Wasserschutz - Oekobilanzen - CO₂ Klimawandel

Beratung - Planung - Umsetzung - Gutachten - Studien - Vortraege

Organic AgroExpertise Consultancy

www.agroexpertise.de

Email g.haas@agroexpertise.de

Organic Farming - Watershed Management - Ecobalances - Climate Change

Advice - Development - Evaluation - Feasibility studies - Training