Bildauswertung, Sensorik und Elektronik zur Informationsbeschaffung und -steuerung

Harald Amon
Ackerbau und Informatik im Pflanzenbau, TU München-Weihenstephan

1.0 Zusammenfassung

Der Beitrag zeigt die bisherigen praktischen Erfahrungen bei der Umsetzung des Teilschlagkonzeptes auf.
Grundlage dieses Konzeptes ist es, einen heterogenen Schlag in homogene Untereinheiten aufzuteilen. Diese Untereinheiten werden als Teilschläge definiert. Die Teilschläge sind Voraussetzung dafür, daß die Produktionstechnik nicht mehr am Gesamtschlag, sondern am Teilschlag orientiert wird. Agrarchemikalien können dann sowohl ökologisch als auch ökonomisch sinnvoller eingesetzt und ausgebracht werden.

Folgende Themenschwerpunkte sollen behandelt werden:

1. Informationsbeschaffung im Teilschlagkonzept
2. Sensorik zur Datenermittlung
3. Elektronik zur Datenverarbeitung und Steuerung
4. Perspektiven des Teilschlagkonzeptes

2.0 Informationsbeschaffung für das Teilschlagkonzept

Das Kriterium zur Teilschlagabgrenzung ist der Standort. Die Standorteigenschaften variieren auch innerhalb eines Ackers sehr stark und beeinflussen damit das Pflanzenwachstum. Die Pflanzen reagieren mit veränderten Wuchshöhen, Bestandesdichten, Bestockungsfaktoren, Blattstellungen usw..

Es gilt nun herauszufinden, welche Standortkriterien Ursache für die Differenziertheit des Pflanzenwachstums sind und wie darauf in der Produktionstechnik zu reagieren ist. Dazu sind eine Reihe von Daten zu erfassen, auszuwerten und zu interpretieren.

Die für das Teilschlagkonzept nötigen Informationen lassen sich folgendermaßen strukturieren:

- o Daten zur Teilschlagkartierung:
  Flur- und Bodenkarten, Luftbilder, Erfahrung des Landwirts usw.
- o Daten zur Teilschlagortung:
  Fahrgassen, Flächen- und Streckeninformationen, geographische Koordinaten, usw.
- o Daten für die Differenzierung von Teilschlägen zu Bodenanalysen, Bestandsbonituren und Erträgen

Innerhalb dieser Informationsgruppen lassen sich die Variablen an Hand ihrer räumlichen und zeitlichen Varianz weiter unterscheiden. Die räumliche Varianz dient der Teilschlagcharakterisierung. Von der zeitlichen Differenzierung einer Variable ist es abhängig, wie häufig diese gemessen werden muß.
So genügt zum Beispiel die einmalige Bestimmung von Relief, Textur und Humusanteil, weil sich ihre Werte im Laufe der Jahre kaum verändern. Im Gegensatz dazu unterliegen Erträge, Bestandesbonituren oder N_{min}-Werte erheblichen Schwankungen zwischen den Jahren und sind regelmäßig zu erfassen.
Um den Arbeits- und Kostenaufwand der Datenerfassung praktikabel zu gestalten, ist es notwendig, so gezielt wie möglich vorzugehen.

Folgende Methodik der teilschlagbezogenen Datenermittlung ist anzuwenden:

- o Das streng geometrische Proben- oder Boniturraster ist zu ersetzen durch die natürlichen Verhältnisse, wie sie die Teilschlagkartierung ausweist.
- o Die Messungen erfolgen gezielt innerhalb der Teilschläge. Damit vermeidet man, daß über mehrere Teilparzellen gemittelt wird.
- o Repräsentative Teilbereiche sind herauszufinden, die die Variabilität eines ganzen Schlages oder Betriebes beschreiben.
- o Die Datenermittlung beschränkt sich dann nur noch auf diese Teilparzellen.

3.0 Sensorik zur Datenermittlung

3.1 Teilschlagortung

Die Teilschlagortung ist für die Bodenprobennahme, die Bestandesbonituren, die Ertragsermittlung und die Steuerung der Produktionstechnik von Bedeutung. Im Rahmen des Teilschlagkonzeptes sind momentan zwei Systeme in der Diskussion:

Schlaglinearisierung:

Mit diesem System wird innerhalb des Projektes in der Praxis gearbeitet.
Die Schlaglinearisierung verlangt die Einteilung des Schlages in ein Fahrgassenraster. Dieses wird bei den Überfliegungen erfaßt, digitalisiert und mit der Teilschlaginformation verbunden. Jeder Teilschlag ist damit über die Nummer der Fahrgasse und dem Streckenabschnitt von Fahrgassenbeginn bis zu den Teilschlaggrenzen lokalisierbar. Voraussetzung für dieses System ist, daß alle Fahrgassen von einem definiertem Startpunkt aus in sequentieller Reihenfolge abgearbeitet werden müssen.

Folgende Nachteile besitzt dieses System:

- o Das System ist ausschließlich an die Fahrgasse gebunden und somit nur für Pflanzenschutz und Düngung geeignet.
- o Das Fahrgassenraster muß über die Jahre gleich bleiben.
- o Ortungsprobleme treten auf, wenn das Fahrzeug wegen eines Störfalles zurücksetzen muß, was nicht registriert wird.
- o Die Fahrgassen müssen immer in der vorgegebenen Richtung durchfahren werden.

Die Vorteile sind:

- o Die Schlaglinearisierung ist kostengünstig.
- o Nur ein Streckensensor (Radar, Kardanwellensensor) ist nötig.

Funknavigation

Im Rahmen der Teilschlagbetrachtung wird derzeit die Positionsbestimmung über Satelliten intensiv diskutiert. Das "Global Positioning System" des amerikanischen Verteidigungsministeriums, als eines von mehreren Satellitenortungssystemen, errechnet die Position am genauesten. Das System basiert auf 3 Segmenten:

- o Raumsegment
  1993 sollen 24 Satelliten im Orbit sein, die weltweit eine zeit- und flächendekkende Ortung ermöglichen.
- o Bodensegment
  Fünf global verteilte Monitorstationen überwachen die Position der Satelliten. Abweichungen von der Grundposition werden über die Hauptkontrollstation an den Satelliten weitergeleitet.
- o Benutzersegment
  Der GPS-Empfänger im Fahrzeug als einziger Sensor benötigt die Signale von drei Satelliten gleichzeitig: zwei zur Positionsbestimmung und einen zur Korrekturfaktorermittlung.

Nachteile des Systems:

- o Ganztägig und flächendeckend ist es heute noch nicht verfügbar.
- o Probleme gibt es bei der Positionsbestimmung im Funkschatten (Wald-, Bergschatten).
- o Die Genauigkeit ist abhängig von der Qualität des empfangenen Signales. Folgende Genauigkeiten werden angeboten, die jedoch nur bestimmten Benutzergruppen zugänglich sind:
  1. Standard Positioning Service: 100 m genau,
  2. Result Positioning Service: 30 m genau,
  3. Military Positioning Service: 5 m genau.

Vorteile des Systems:

- o Vielseitig einsetzbar
- o Unabhängig von Fahrgassen, Bewegungsrichtung und Arbeitsbreite
- o Sehr genaue Geschwindigkeitsbestimmung
- o Zukünftig globale Verfügbarkeit
- o Bis jetzt keine Benutzergebühren

3.2 Sensoren zur Ertragsermittlung

Der Ertragsermittlung kommt im Teilschlagkonzept eine zentrale Bedeutung zu. In meinen laufenden Untersuchungen habe ich mich auf die manuelle Ertragsermittlung stützen müssen. Das ist jedoch nicht praktikabel. Maschinelle Sensoren sind noch in der Erprobungsphase. Zwei automatisch aufzeichnende Meßeinrichtungen werden derzeit zur teilschlagorientierten Ertragserfassung intensiv diskutiert:

Clayton Sensor

Es handelt sich dabei um einen volumetrisch arbeitenden Sensor. Ein Zellenrad wird in den Kornelevator des Mähdreschers eingebaut. Die Umdrehungen dieses Zellenrades ergeben ein Signal, das dem Volumenstrom proportional ist. Über das Hektolitergewicht des Erntegutes läßt sich der Massenstrom bestimmen.

Nachteile des Systems:

- o teuer,
- o verschmutzungsempfindlich,
- o Probleme bei der Eichwertermittlung (Hektolitergewicht, Feuchtigkeit),
- o absolute Genauigkeit 15%.

Vorteile des Systems:

- o einfacher mechanischer Aufbau,
- o relative Genauigkeit 1%.

Flow-Control

Ein Sensor, der den Massenstrom indirekt ermittelt. Ein Gamma Strahler sitzt am Kopf des Körnerelevators. Ihm gegenüber befindet sich ein radioaktiver Sensor, der die durch den Erntegutstrom bedingte Änderung der Strahlungsintensität aufzeichnet. Der Eichvorgang erfolgt einfach, indem der vorgegebene Standardwert nachjustiert wird, wenn die gravimetrische Messung des Korntankinhalts erfolgt ist. Nachteilig ist die notwendige radioaktive Kennzeichnung des Fahrzeuges. Vorteilhaft ist die relative Genauigkeit von 1% und der geringe Bauaufwand.

3.3 Fazit des Sensoreinsatzes

Das Problem bei allen Sensoren ist die Eichkurvenerstellung. Falsch geeichte Sensoren liefern fehlerhafte Meßwerte, die das System als solche nicht erkennt. Die Eichwerte müssen deshalb unter Feldbedingungen ermittelt oder nachjustiert werden. Das Abdrehen eines Düngerstreuers im Stand oder die Kalibrierung des Radarsensors am Feldweg repräsentieren die Einsatzbedingungen nur ungenügend.

4.0 Elektronik zur Datenverarbeitung und Steuerung

Die anfallende Datenfülle erklärt den Elektronikeinsatz zur Datenerfassung, -verarbeitung und -steuerung von selbst.
Schwierigkeiten bereitet die Suche nach einem geeigneten Softwaresystem, das den vielseitigen Anforderungen gewachsen ist. Dabei sind konkret folgende Probleme anzusprechen:

o Datenerfassungsproblem
Die Datenvielfalt macht standardisierte Datenerfassungen und Standardschnittstellen erforderlich. Die Informationen werden nur zum Teil auf dem landwirtschaftlichen Betrieb in Form von Bonituren oder Bodenanalysen ermittelt. Ein anderer Teil stammt von den Vermessungsämtern, Geologischen Landesämtern oder aus der Luftbildauswertung.

o Integrationsproblem
Die Überlagerung von sehr unterschiedlichem Datenmaterial macht eine Integration erforderlich. Zum Beispiel sind bei der Auswertung Boniturdaten, Bodenanalysen, Ertragsdaten mit digitalen Daten zu kombinieren.

o Auswertungsproblem:
Sowohl statistische Auswertungen als auch die graphische Aufbereitung digitaler Daten ist notwendig.

o Benutzergruppenproblem:
Einerseits muß die Software den Anforderungen der statistischen und graphischen Aufarbeitung gerecht werden und andererseits vom Landwirt zu bedienen sein.

o Prognoseproblem:
Die Auswertungen sollen Entscheidungshilfen für Behandlungsmaßnahmen liefern. Daraus sind Prognosen für die Applikation von Betriebsmittelart und -menge abzuleiten. Entsprechende Schnittstellen zu Prognose- und Simulationsmodellen sind zu entwickeln.

Das Ergebnis der Informationsverarbeitung sind Datensätze zur Steuerung der Produktionsprozesse. Sie enthalten die Informationen über Ortung, Behandlungsart, Betriebmittelart und -menge der jeweiligen Teilschläge. Mobile Datenträger übermitteln diese Informationen an den Bordrechner. In den Geräten befinden sich Sensoren und Aktoren, die Steuerungs- und Regelungsvorgänge entsprechend den Sollvorgaben abarbeiten. Gleichzeitig protokolliert das Schlepperterminal die geleistete Arbeit auf dem Übertragungsmedium und liefert damit die Istwerte zurück an den Hofcomputer.

5.0 Perspektiven für das Teilschlagkonzept

Das Teilschlagkonzept ist für intensive und extensive Agrarnutzungssysteme gleichermaßen geeignet.
Gebiete mit intensiver Landwirtschaft müssen darauf bedacht sein, daß die Anwendung von Agrarchemikalien nicht über das ökologisch tolerierbare Maß hinaus geht. Die extensive Landwirtschaft ist vor allem auf natürlichen Resourcen angewiesen, deren schonende Nutzung angestrebt wird, um die Erträge langfristig stabil zu halten.

Das Teilschlagkonzept wird heute schon in der Düngung und dem Pflanzenschutz eingesetzt. Die bisherigen Regelungsvorgänge sind auf die Ausbringungsmengen beschränkt. Das System läßt sich jederzeit auf andere Bereiche erweitern.

Folgende Anwendungen sind denkbar:

Pflanzenschutz
Regelung des Einsatzes von verschiedenen Wirkstoffen und -konzentrationen (Agro Inject).

Düngung
Steuerung der Art und Menge verschiedener Düngemittel, Steuerung der Verteilung und Menge organischer Dünger.

Bodenbearbeitung

Regelung der Pflugtiefe oder der Bodenbearbeitungsintensität.

Saat

Steuerung der Aussaatmenge usw..

6.0 Schlußbetrachtung

Abgesehen von den technischen Schwierigkeiten im praktischen Einsatz von Aktorik und Sensorik, fehlt es vor allem noch am pflanzenbaulichen und bodenkundlichen Wissen, wie nun auf die Teilschlagunterschiede zu reagieren ist. Auch eine ökonomische Bewertung des Teilschlagkonzeptes ist schwierig, so lange man nicht weiß, wie sich die Input-Output Beziehungen im landwirtschaftlichen Betrieb verändern.

Das Konzept bietet jedoch die Chance, eine Reihe von ökologischen Problemen, die heute durch die Landbewirtschaftung entstehen, zu lösen.

7.0 Literatur

AMON, H., MAHJEHRKE, K., REINER, L.
Nutzung von Luftbildern und Elektronik zur Umsetzung eines Teilschlagkonzeptes im Integrierten Pflanzenbau
Agrarinformatik Band 19, 17-32
Hrsg.: L. Reiner, H. Geidel, A. Mangstl
Stuttgart: Ulmer, 1990

MAHJEHRKE, K., POHLMANN, J. M., REINER, L.
Ackerbau - Was leistet die Praxis?
DLZ-Spezial, München, 4-7, 1990

MUHR, T., DEMMEL, M., AUERNHAMMER, H.
Positionsbestimmung von Fahrzeugen im Feld
Fachgespräch mit der Traktoren und Landmaschinenindustrie
Freising-Weihenstephan: Institut für Landtechnik, 1990