



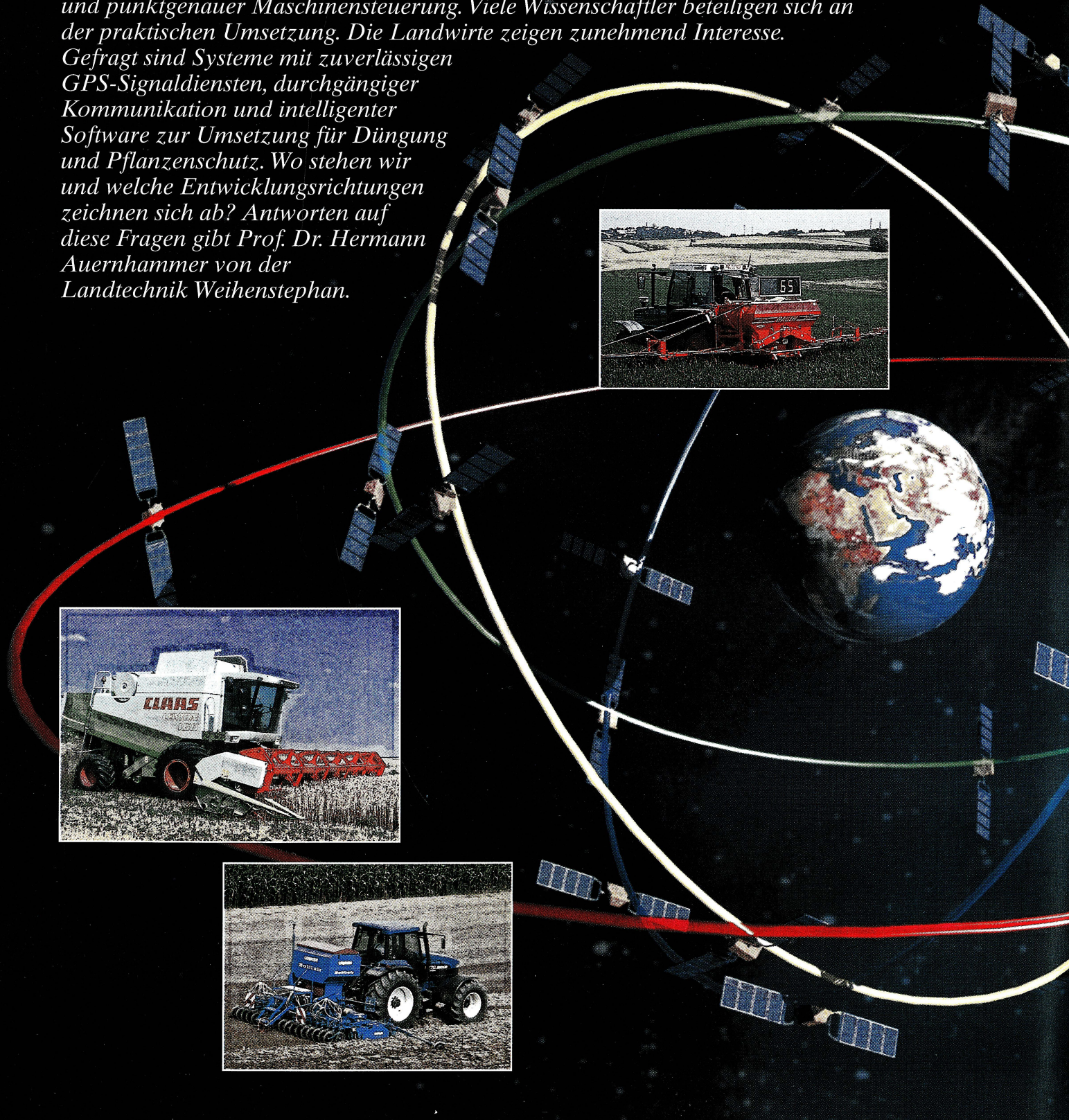
**Know-how**

# Precision Farming

**Präziser Ackerbau mit GPS und LBS**

*Precision Farming ist in aller Munde. Die innovative Technik beruht auf Satellitenortung und punktgenauer Maschinensteuerung. Viele Wissenschaftler beteiligen sich an der praktischen Umsetzung. Die Landwirte zeigen zunehmend Interesse.*

*Gefragt sind Systeme mit zuverlässigen GPS-Signaldiensten, durchgängiger Kommunikation und intelligenter Software zur Umsetzung für Düngung und Pflanzenschutz. Wo stehen wir und welche Entwicklungsrichtungen zeichnen sich ab? Antworten auf diese Fragen gibt Prof. Dr. Hermann Auernhammer von der Landtechnik Weihenstephan.*



**P**recision Farming ist für viele gleichbedeutend mit GPS, dem „Global Positioning System“, obwohl in Wirklichkeit die Ansätze für den präzisen Ackerbau, und das bedeutet „Precision Farming“ genau, weit zurückliegen. Denn solange der Landwirt seine eigenen Felder selbst bewirtschaftete und die örtlichen Gegebenheiten kannte, reagierte er durch gezielte Maßnahmen darauf.

Allerdings ist die Zahl dieser Landwirte in den hochindustrialisierten Ländern beständig rückläufig. So werden bundesweit mehr als 70 Prozent der Getreideflächen überbetrieblich gemernt. Erhebliche Anteile beim Silomais und zunehmend bei der Grassilage erntet der überbetrieblich eingesetzte selbstfahrende Häcksler. Unverkennbar ist der Trend zur großen selbstfahrenden sechsreihigen Maschine für

die Zuckerrübenерnte. Eine ähnliche Entwicklung zeichnet sich bei der Industriekartoffel ab.

Damit entstehen auch für den Familienbetrieb völlig neue Situationen. Denn komplette Arbeitsschritte werden aus dem Betrieb herausgenommen. Neben der Arbeitserledigung verschwindet zugleich die örtliche Information über den Erfolg oder Misserfolg aller vorangegangenen Maßnahmen. Hinzu kommt, dass vielfach Saisonarbeiter mit geringer Bindung zur Landwirtschaft die Bedienung der Technik übernehmen. Dadurch verstärkt sich fortlaufend der Informationsverlust.

Folge ist der Zwang zur homogenen Behandlung der Flächen, falls nicht neue Technologien den Informationsverlust beseitigen und intelligente Applikationstechniken die Reaktion auf lokale Gegebenheiten ermöglichen.

Insofern kommt GPS eine zentrale Bedeutung zu. Es

- liefert überall Ort und Zeit,
- ist kostenfrei nutzbar,
- arbeitet unabhängig von der Witterung und von der Tageszeit,
- unterliegt der Miniaturisierung,
- wird durch hohe Stückzahlen produzierter Einheiten immer billiger,
- erreicht im differentiellen Betrieb die benötigte Genauigkeit für den landwirtschaftlichen Einsatz.



GPS erlaubt vielerlei Einsatzmöglichkeiten. Die wichtigsten sind Dokumentation, lokale Maschinensteuerung und Flottenmanagement. Bereiche die in Zukunft an Bedeutung gewinnen dürften, sind die Fahrzeugführung und die Gewannebewirtschaftung.

### **Am Anfang steht die Dokumentation**

Die Dokumentation nutzt den Positions- und Zeitdienst von GPS. Aus diesen Größen lässt sich bereits eine

ganze Reihe von Kennwerten ableiten. So etwa Zeitpunkte, Gesamtzeiten und Teilzeiten, Gesamtweglängen und Teilweglängen sowie die Geschwindigkeit. In Verbindung mit Sensoren in Maschinen und Geräten entsteht zusätzlich die Möglichkeit, transportierte Mengen, Gesamtaufwand und lokalen Aufwand sowie den Gesamtertrag und lokalen Ertrag zu dokumentieren. Alle dokumentierten Daten können über die Orts- und Zeitinformation visualisiert und ablaufbezogen wiedergegeben werden.

In diesem Bereich befinden sich heute überwiegend die GPS-Anwendungen. Schlagaufmaßung ist ebenso ein Beispiel wie die Ertragsermittlung im Mähdröschler.

### **GPS ermöglicht die lokale Steuerung**

Bei lokalen Steuerungen kommen zu den Sensoren verschiedene Aktoren hinzu. Aus gespeicherten Informationen und aus Sensordaten werden damit Reaktionen eingeleitet. Das können sowohl Informationen an den Fahrer für erforderliche Maßnahmen als auch teilflächenspezifische Applikation bei Saatgut, Dünger und Pflanzenschutzmitteln oder sicherheitstechnische Maßnahmen für Technik und Umwelt bis zum „Notstop“ bei der eingesetzten Technik sein.

Ein einfaches Beispiel dafür ist die variable Düngergabe. Aus Ertrags- oder Bodenkarten wird die für eine Teilfläche sinnvolle Düngermenge abgeleitet. Der Düngerstreuer setzt diese Vorgaben dann um.

Die Industrie steht bei diesem Bereich in der Phase der Umsetzung. Allerdings konzentriert sie sich fast ausschließlich auf die Düngung. Die beiden anderen Bereiche sind in ihrer Bedeutung noch nicht erkannt worden.

### **Fahrzeugführung mit GPS heißt Arbeitserleichterung**

Die Fahrzeugführung spricht das Einzelfahrzeug an und ist als Fahrerentlastung und als Ersatz für Zusatzpersonen zu verstehen. Führungshilfen können eingesetzt werden zur punktuellen Zielführung oder für Anschlussfahrten bei Feldarbeiten, bei welchen die unmittelbar zurückliegenden Fahrzeugpositionen als Leitlinien dienen. Ein weiterer Bereich ist die Zielführung entlang gespeicherter Bearbeitungslinien aus vorhergehenden,





abgeschlossenen Maßnahmen. Hier finden sich erste Anwendungen in der Praxis. Die Bodenbeprobung nach Rastern oder nach Dauerbeprobungspunkten ist ein erstes Beispiel.

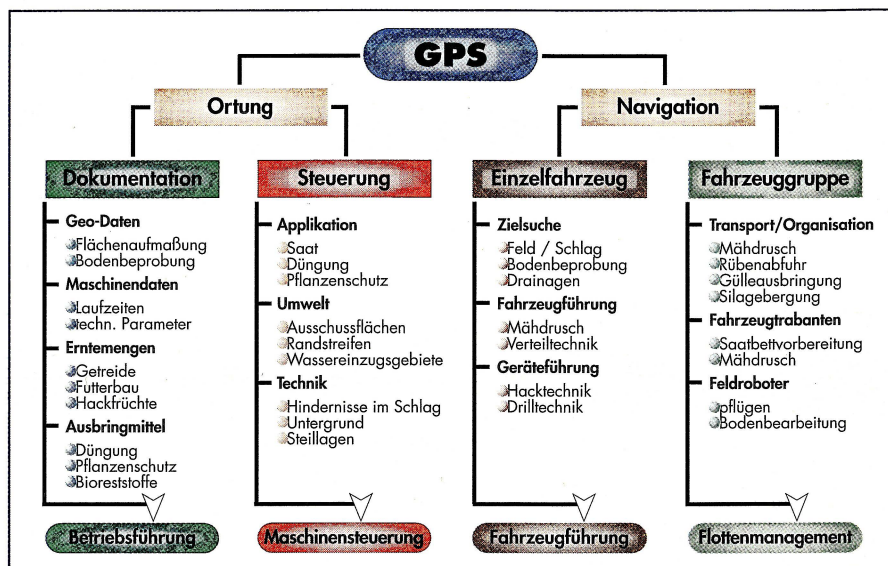
Fieberhaft wird an der Realisierung von Führungssystemen für Mähdrescher gearbeitet, um damit bei einer Genauigkeit von  $\pm 10$  cm die Schnittbreite immer vollständig zu nutzen und damit gleiche Bedingungen wie beim Feldhäcksler mit automatischer Lenkung zu erreichen.

## GPS zum Flottenmanagement

Im Gegensatz zu allen bisher aufgezeigten Lösungen arbeitet das Flottenmanagement von einer Zentrale aus. Neben GPS in der Maschine wird eine ständige Datenübertragung oder eine Datenübertragung nach Zeitschritten oder Abruf benötigt.

Flottenmanagement steigert die Effizienz von Einzelfahrzeugen innerhalb einer Flotte. Das kann zum einen durch das exakte Zusammenspiel von Ausbring-beziehungsweise Ernte- und Transporteinheiten durch einen beständigen Abgleich von Positionen, Mengen, mittleren Fahrgeschwindigkeiten und Einzelmengeneinheiten geschehen oder zum anderen durch die Synchronisation mit zeitlichem Versatz von bemannten Führungsfahrzeugen und unbemannten Satellitenfahrzeugen (Drohnen). An unbemannten Fahrzeugen wird gearbeitet, obwohl dafür in Deutschland wegen der Betriebsstrukturen und der Gesetzeslage hohe Anforderungen gestellt werden. Die Überwachung und Führung ausschließlich unbemannter Fahrzeuge in Form von Feldroboter ist ein weiteres

## GPS in der Landwirtschaft



Vorhaben, das aber erst noch zu realisieren ist. Bedeutung hat das Flottenmanagement vor allem in der Zuckerrübenabfuhr erlangt. Hier dient es zur Koordination und Einsatzplanung der eingesetzten Rodemaschinen und Abfuhr-LKWs. Die Einsatzzentrale ist beim Lohnunternehmer oder Maschinenring angesiedelt. Über Funk hält er Kontakt zu den Fahrzeugen. An einem Leitstand mit digitalisierten Landkarten kann er die Route nachvollziehen. Das Potenzial ist aber bei weitem noch nicht ausgenutzt. GPS könnte weitere Einsparungen ermöglichen, wenn von der Saat bis zur Abfuhr ein zentral verfügbarer Informationspool aufgebaut würde. Die dafür benötigten Teilsysteme stehen schon heute zur Verfügung.

## Gewannebewirtschaftung

Precision Farming zielt darauf ab, die Unterschiede in einem Schlag zu erkennen und die Bewirtschaftung darauf abzustimmen. Das heißt: Eine Fläche wird unterteilt in Teilschläge mit ähnlichen Eigenschaften. Das setzt natürlich gewisse Mindestgrößen für einen Schlag voraus. Precision Farming wird deshalb vielfach den größeren Betrieben in Ostdeutschland zugewiesen und als bedeutungslos für die alten Bundesländer erachtet. Übersehen wird, dass Teilschläge auch durch das Zusammenlegen kleiner Schläge zu einem sogenannten „Gewanne“ entstehen können. Voraussetzung ist die Bewirtschaftung in einer gemeinsamen Fruchtfolge unter Beibehaltung der Eigentumsverhältnisse über die Basistechnologie GPS.

Erste Untersuchungen unter gegebenen Verhältnissen in Bayern deuten bei erzielbaren Gewannegrößen von 8 bis 15 ha auf Einsparungen an Arbeitszeit von etwa 35 Prozent, auf Kostensenkungen von etwa 30 Prozent und auf eine Reduzierung befahrener Vorbeetflächen von etwa 50 Prozent unter Beibehaltung der vorhandenen Feld- und Flurelemente wie Hecken, Gehölze, Wasserläufe und Biotope hin. Allerdings erfordert Gewannebewirtschaftung als unabdingbare Voraussetzung den Willen zur Zusammenarbeit in einer gemeinsamen Fruchtfolge. Weitere Voraussetzungen sind eine gegebene Feldvermarkung durch Grenzsteine, Wegenetze für die größere und leistungsfähigere Mechanisierung sowie die Nutzung der Agrarelektronik mit der Basistechnologie GPS zur ei-

## So genau muss GPS arbeiten

erforderliche Genauigkeit	Aufgabe	Anwendungsbeispiele
$\pm 10$ m	Navigation	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zielsuche von Schlägen (überbetr. Maschineneinsatz)</li> <li>Zielsuche von Lagerplätzen (Forst)</li> </ul>
$\pm 1$ m	Arbeitserledigung Information Dokumentation	<ul style="list-style-type: none"> <li>Arbeit im Feld mit               <ul style="list-style-type: none"> <li>Ertragsermittlung</li> <li>Düngung</li> <li>Pflanzenschutz</li> <li>Bodenbeprobung</li> <li>Schutzgebiete</li> </ul> </li> <li>automatisierte Datenerfassung</li> </ul>
$\pm 10$ cm	Fahrzeugführung (Fahrerentlastung)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anschlussfahren bei großen Arbeitsbreiten</li> <li>Mähdrusch</li> </ul>
$\pm 1$ cm	Geräteführung	<ul style="list-style-type: none"> <li>mechanische Unkrautbekämpfung</li> </ul>

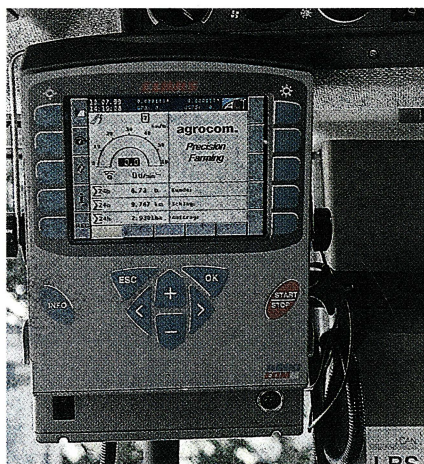
gentumsbezogenen Aufwands- und Ertragszuweisung. Gewannebewirtschaftung ersetzt demnach nicht die Flurneuordnung. Vielmehr ist sie dort erfolgreich umzusetzen, wo eine Erstbereinigung stattgefunden hat.

Der Weg zur Gewannebewirtschaftung erfolgt in mehreren Schritten. Zunächst erfolgt eine Grenzsicherung durch GPS und Luftbild. Innerhalb der neuen Gewanne sind die Grenzsteine abzusenken, eventuell mit Dauermarkierung für die problemlose Wieder auffindung. Anschließend erfolgt die Einigung auf eine gemeinsame Fruchtfolge. Wichtig ist auch, ein Produktionsziel zu definieren. Das kann beispielsweise ein Ertragsziel nach Vorgabe des Flächeneigentümers oder ein gemeinsames Ertragsziel mit Aufdüngung der Einzelflächen sein. Alternativ können teilflächenspezifische Ertragsziele nach lokalen Ertragspotenzialen vorgegeben werden. Derzeit werden erste Verfahren der Gewannebewirtschaftung unter wissenschaftlicher Betreuung durchgeführt. Interesse an dieser Form des „Micro Precision Farming“ besteht auch in der Schweiz und in Belgien.

## Geräteidentifizierer für automatisierte Erfassung

Auch wenn die teilflächenspezifische Applikation eine große Faszination für Wissenschaft und Praxis ausübt, so bleibt die Datenerfassung die dringlichste Aufgabe in einer verbesserten Betriebsführung. Alle bisher entwickelten und genutzten Systeme mit manueller Datenerfassung haben versagt. Insofern kann nur die Automatisierung eine Verbesserung bringen und alle benötigten Daten sicher und umfassend zur Verfügung stellen.

Deshalb hat die Landtechnik Weihenstephan eine elektronische Einheit für die Geräteidentifizierung und -parametererfassung entwickelt. Sie lässt sich über die Steckdose des landwirtschaftlichen Bussystems (LBS) am Schlepper anbringen. Dadurch wird auch die Verbindung zum Bordterminal hergestellt, welches der Geräteidentifizierer mit den erforderlichen Informationen, beispielsweise dem Gerätetyp, versorgt. Der Geräteidentifizierer, auf englisch Implement Indicator (IMI), wird gegenwärtig in der Praxis getestet. In Verbindung mit GPS und LBS lassen sich damit preisgünstige Systeme für den Betrieb aufbauen. Über GPS werden Ort und Zeit eingespeist, über LBS das angeschlossene Gerät und seine Leistung.



Bordterminals sind die Schnittstelle zwischen Maschinenelektronik und Mensch.

Voraussetzung ist, dass der Schlepper entweder schon mit LBS ausgestattet ist oder dass über die Signalsteckdose eine preisgünstige LBS-Nachrüstung möglich ist. Für Schlepper ohne jegliche Elektronik erfordert die Erfassung der Basissignale einen erheblichen technischen und damit auch finanziellen Zusatzaufwand.

LBS wurde schon Mitte der 80er Jahre eingeführt. Es standardisiert die Kommunikation zwischen Betriebsführung und mobiler Technik, zwischen Fahrer und Geräteelektronik sowie zwischen den Geräten. Mit der derzeitigen Fortführung der Normungsbemühungen auf ISO-Ebene entsteht ein global zu nutzendes und verbindendes System für weiterentwickelte und verfeinerte Techniken des Precision Farming von morgen.

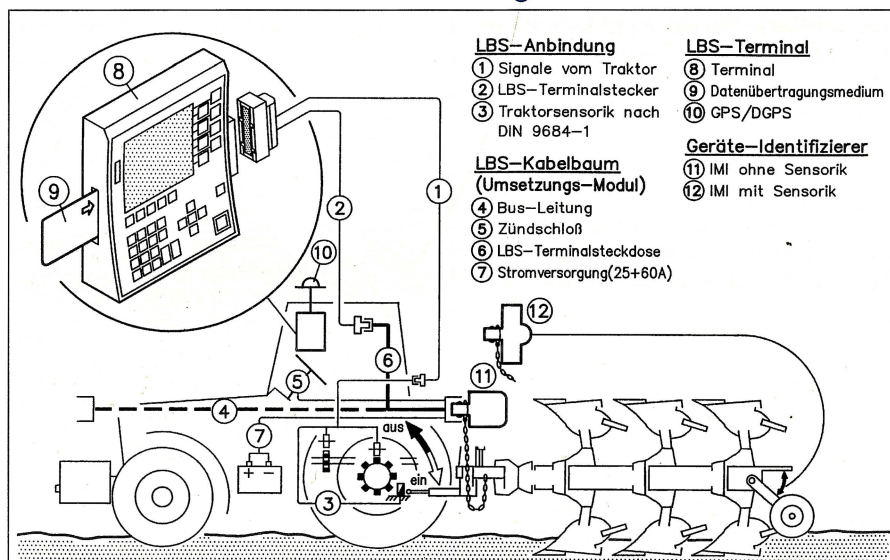


Die Terminals sollten einfach zu bedienen sein und gut lesbare Monitor darstellungen aufweisen.

Für die betriebsspezifische Datenerfassung kann per Chipkarte die jeweils benötigte Dichte der vom IMI erhaltenen Daten bestimmt werden. Diese ist nach mehreren Merkmalen möglich und sinnvoll:

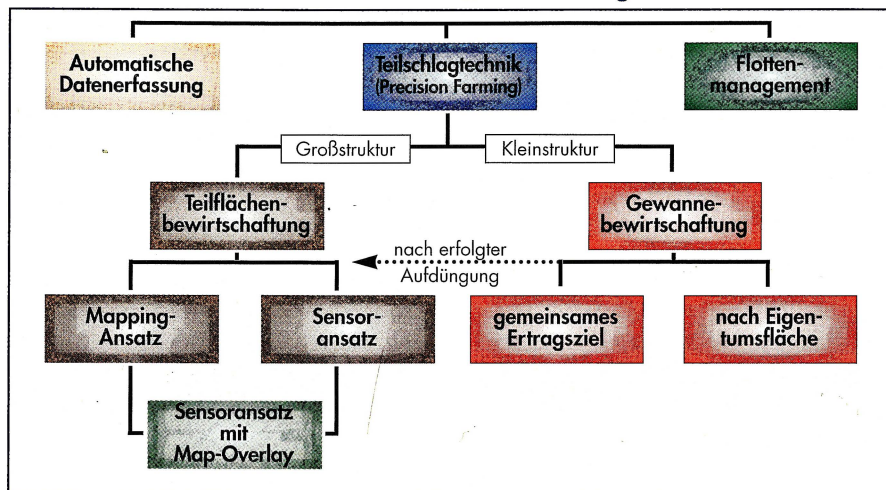
- zeitorientierte Einzeldatenerfassung in vorgegebener Auflösung (z. B. 1, 5, 10, 15, 20, 60 s Abstand) mit jeweiliger Ortskennung über GPS,
- positionsorientierte Einzeldatenerfassung in vorgegebener Auflösung (z. B. 5, 10, 15, 20 m Abstand) mit jeweiliger Orts- und Zeitkennung über GPS,
- Teilzeiterfassung über die Schlepperbasissignale in Verbindung mit der Ortszuweisung per GPS (Hauptzeit, Wendezeit, Nebenzeit, Wegezeit),
- Erfassung zusätzlicher Signale bei jeweiliger Veränderung der aktuellen Werte (z. B. Arbeitstiefe und Arbeits-

## Automatisierte Datenerfassung mit LBS und GPS





## Technik für den Pflanzenbau „von morgen“



breite bei Variopflügen) innerhalb einer der zuvor genannten Formen. Derartige Systeme erfassen somit alle in einem Betrieb oder Unternehmen vorhandenen Maschinen und Geräte und dienen damit der verbesserten Betriebsführung, dem Nachweis der durchgeführten Maßnahmen und als Kostenelement für die Abrechnung im überbetrieblichen Maschineneinsatz oder für die Kostenstellenrechnung im Einzelbetrieb. Information wird damit greifbar.

### Bestandsmaßnahmen brauchen exakte Basisdaten

Auch für die Teilflächenbewirtschaftung steht die Informationsgewinnung am Anfang des Systems. Sie beschränkt sich aber auf die Informationen des Pflanzenwachstums wie Ertrag, verfügbare Nährstoffe, verfügbares Wasser und auf die Wachstumsentwicklung. Es entstehen Informationskreisläufe für die Applikation von Saatgut, Dünger, Pflanzenschutz und Beregnung mit Berücksichtigung der in den Schlägen vorliegenden Heterogenitäten.

Ausgerichtet auf die Düngung ergeben sich über die Vegetation die erforderlichen technischen Maßnahmen mit dem Informationsmanagement im Zentrum und den darüber angeordneten Diensten. Die erforderlichen Teilsysteme sind in unterschiedlichem Entwicklungsstand verfügbar.

**Ertragsermittlung:** Sie beschränkt sich derzeit auf den Mähdrescher. Prototypen für den Feldhäcksler, den sechsreihigen Zuckerrübenroder und den Kartoffelroder werden getestet. Die verfügbaren Systeme (Mähdrescher) sind durch zwei Fehlerarten gekenn-

zeichnet. So kann der einzelne Tankinhalt nur mit einem Fehler von etwa 5 bis 7 Prozent (2s-Bereich) bestimmt werden. Der jeweilige Fehler ist zufällig! Zum zweiten ist die Abweichung der ermittelten Gesamterntemenge von der Kalibrierung abhängig. Dieser Fehler ist systematisch und kann beseitigt werden, wenn die Rohdaten gespeichert und durch Gegenwiegungen nachkalibriert werden.

Unbefriedigend ist bisher die Ertragskartierung gelöst. Sie erfolgt durch firmenspezifische Software nach undokumentierten Auswertungsalgorithmen. Standards für statistisch abgesicherte zulässige und sinnvolle Klassenbreiten fehlen ebenso wie für die optimale Teilflächendifferenzierung nach Reichweiten in Konturgrafiken oder nach aussagefähigen Rastergrößen. Erste Analysen nach der Stabilität von Ertragsmustern über Zeitreihen erhöhen mit zunehmender Anzahl an aufeinanderfolgenden Jahren die Ausagesicherheit. Auf Rastergrundlage



Am Anfang des Precision Farming steht stets die Dokumentation. Eine solide Datenbasis bildet den Grundstock.

basierende Korrelationen deuten auf Bestimmtheitsmaße zwischen zwei benachbarten Erntejahren von 0,3 und 0,6 hin. Werden drei aufeinanderfolgende Jahre betrachtet, dann steigen in der multiplen Betrachtung die Bestimmtheitsmaße auf etwa 0,7 bis 0,8 an.

### Bodenbeprobung und Bodenanalyse:

Während die Ertragsermittlung den Gesamtentzug durch die Ernte erfasst und über GPS den Entzug auf Teilschlägen dokumentiert, wird über die Bodenbeprobung der nach der Ernte für die Nachfrucht verfügbare Nährstoffvorrat im Boden ermittelt. Die jeweilige räumliche Datendichte ist sehr unterschiedlich. Ertragsmessungen erfolgen in Anlehnung an die übliche Positionsermittlungsfrequenz der GPS-Empfänger im Abstand von 1 s oder bei mittleren Arbeitsgeschwindigkeiten von etwa 3 m/s im Abstand von 5 bis 6 m. Multipliziert mit der Arbeitsbreite von etwa 5 m führt diese zu Ertragsmesswerten für jeweils 25 bis 30 m<sup>2</sup> Erntefläche.

Hingegen werden Bodenproben aus Kostengründen nach landesweit geläufigen Standards mit etwa 15 Einstichen je Hektar als Mischproben gezogen. Beide Informationen sind somit nicht oder nur bedingt vergleichbar. Auswege aus dieser Situation sind: Rasterbeprobung für Teilflächen zwischen 1 und 3 ha, Stichprobenverlagerung in Zonen gleichen Ertrages nach Ertragskartierung, georeferenzierte Einzelprobenauswertung, Zeitreihenanalysen auf definierten Beprobungspunkten mit GPS-Navigation innerhalb von Flächen mit 1 m<sup>2</sup>.

Allerdings können diese Lösungsansätze nur Informationen im Hinblick auf die zeitlich und örtlich stabileren Grundnährstoffe P und K liefern. Für die N-Versorgung sind sie unbefriedigend, weil dort zusätzlich Temperatur und Wassergehalt in Boden und Pflanze die Verfügbarkeit und die erreichbare Wirkung überlagern.

### Technik für die Düngung

Teilflächenspezifische Applikationstechniken lassen sich mit den verfügbaren mobilen Agrarcomputern mit GPS-Erweiterung oder firmenunabhängig über GPS und LBS realisieren. Heute wird die Düngung im Precision Farming in drei unterschiedlichen methodischen Ansätzen gesehen.

Nahezu alle bisherigen Arbeiten und die in der Praxis umgesetzten Installationen beziehen sich auf den Kartierungsansatz (Mapping approach). Ausgangsgrößen sind die lokalen Bilanzgrößen Ertrag und Nährstoffversor-

gung im Boden. Sie werden mit dem Ertragsziel in Einklang gebracht und finden ihre Umsetzung in Applikationskarten.

Die Applikation wird über Wurf- und Auslegerstreuer umgesetzt. Unterschiedliche Nährstoffe können über Mehrkammersysteme sortenspezifisch on-the-go gemischt und ausgebracht werden oder es liegt eine Beschränkung auf zwei Sorten mit doppelt vorhandener Applikationstechnik vor.

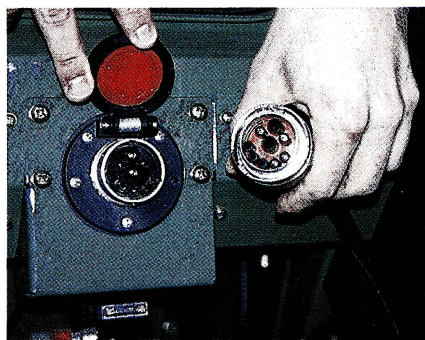
Bei der lokalen Applikation wird ausschließlich nach Rastern gearbeitet. Diese sind üblicherweise an der Nord-Südrichtung ausgerichtet und weichen dadurch in vielen Fällen erheblich von den Fahrgassen ab. Übergänge zwischen den Rastervorgaben werden zum Teil mit speziellen Steuerungsprogrammen geglättet. Vorhandene Teilbreitenschaltungen können über GPS automatisch für das Ausstreuen nicht paralleler Felder genutzt werden.

Schwerpunktmäßig wird dieser Ansatz zur Versorgung mit Grundnährstoffen und Spurenelementen herangezogen. Auch die erste N-Düngung ist einzubeziehen, um damit teilflächenspezifische Startgaben zu verabreichen.

Einen anderen Weg geht der Sensoransatz (Realtime sensor approach). Bedingt durch den nicht direkt vorhersehbaren Witterungsverlauf können die N-Kopfdüngungen nur unzureichend aus Mapping-Daten der vorhergehenden Vegetation abgeleitet werden. Deshalb wird speziell für die N-Düngung versucht, über eine Online-Sensorik das aktuelle Pflanzenwachstum zu erfassen und unter Realtime-Bedingungen die erforderliche N-Dosierung vorzunehmen. Zwei Ansätze werden derzeit verfolgt: Zum einen die Erfassung des Chlorophyllgehaltes als stark korrelierende Steuergröße zum N-Gehalt in der Pflanze. Zum anderen die Erfassung des Pflanzenwachstums über die Messung des Pflanzenwiderstandes an einem an der Traktorvorderseite angebrachten Pendel.

Die Entwicklung dieser Systeme findet nahezu ausschließlich in Europa mit Schwerpunkt in Deutschland statt. Sie ist eine Antwort auf die hier vorliegenden Produktionsbedingungen auf hohem Ertragsniveau unter überwiegend humiden Bedingungen mit lokal unterschiedlichen Gegebenheiten bei Niederschlag und Temperatur.

Der Sensoransatz mit Kartenüberlagerung (Realtime sensor approach with map-overlay) als dritte Lösung schließt Teile der vorhergenannten ein: Die Sensoransätze erkennen nur die aktuelle Situation. Sie können lang-



Die LBS-Steckdose am Schlepper erlaubt den Anschluss beliebiger Geräte, sofern diese den Standard einhalten.



Der Geräteidentifizierer informiert das Bordterminal über die angeschlossene Maschine.

jährige örtliche Ertragsausprägungen nicht erfassen und berücksichtigen. Bei zunehmender Bedeutung einer umweltentlastenden Produktion muss deshalb der Mapping-approach als Overlay in den Sensor-approach integriert und durch eine zusätzliche Steuergröße ergänzt werden. Erforderlich sind Zielgrößen für die optimale N-Versorgung von Pflanzenarten und -sorten nach Wachstumskurven und Ertragsniveau als Vorgabewert für die erforderliche Regelungstechnik. Gleichzeitig erfolgt die Online-Erfassung des aktuellen Pflanzenwachstums für die Anpassung der pflanzenspezifischen Regelzielgröße an die schlagspezifischen Gegebenheiten.

Um Überdüngungen zu vermeiden, gilt eine teilschlagorientierte Begrenzung nach mehrjähriger Ertragskartierung zur Vermeidung von Überdüngungen an weniger leistungsfähigen Stellen innerhalb des Schlages. Die zusätzliche Erfassung des Wasserhaushaltes in Pflanze und Boden kalkuliert die Wirksamkeit einer möglichen N-Düngung in Verbindung mit einer Online-N-Analyse des verfügbaren Bodenstickstoffs und geht in die Düngung ein.

## Schlussfolgerungen

Informationstechnologie kann die Bewirtschaftung von Flächen verbessern. Voraussetzung für die Nutzung in der Praxis ist der Einsatz von GPS zur georeferenzierten Informationsgewinnung und Informationsumsetzung. Als Anwendungsgebiete zeichnen sich ab:

- Die automatisierte Datenerfassung kann über GPS, LBS und Geräteidentifizierern preisgünstig bereitgestellt werden. Schlagkarteien und Betriebsführungssysteme erzielen damit eine neue Qualität betrieblichen Handelns.
- Die Teilschlagbewirtschaftung ermöglicht die Berücksichtigung lokaler Gegebenheiten im Schlag und schafft die Voraussetzung für eine umweltfreundlichere Pflanzenproduktion.
- Als Einstiegstechnologie steht die lokale Ertragsermittlung zur breiten Nutzung im Mähdrescher zur Verfügung. Für andere Erntemaschinen sind wissenschaftliche Lösungen erarbeitet und können in die verfügbare Technik integriert werden.
- Die georeferenzierte Bodenbeprobung ist als Werkzeug für die optimierte Versorgung mit Grundnährstoffen geeignet.
- Weitgehend ungelöst sind wissenschaftlich fundierte Umsetzungsstrategien aus beiden Informationsquellen für ertragszielorientierte teilflächenspezifische Düngungsmaßnahmen.
- Sensorgestützte Online-N-Düngungssysteme befinden sich im ersten Praxiseinsatz. Die firmenspezifisch ausgerichtete Regelungstechnik arbeitet nach dem Aufdüngungsprinzip für einheitliche Erträge und lässt somit umweltentlastende Gesichtspunkte außer Betracht.
- Mit der Gewannebewirtschaftung können kleinstrukturierte Gebiete weitere Kostensenkungen erreichen.
- Das Flottenmanagement wird vor allem bei den Rodegemeinschaften und bei Lohnunternehmern für Zuckerrüben benötigt.
- Voraussetzung für die erfolgreiche Nutzung dieser Technologien ist neben GPS die standardisierte elektronische Kommunikation in Schlepper und Gerät. LBS bietet dafür die Voraussetzungen und garantiert Landwirt und Landmaschinenhersteller die Eigenständigkeit und Unabhängigkeit.
- Allerdings ist der „wirkliche Nutzen“ der neuen Technologie nur dann gegeben, wenn damit direkte Kostensenkungen oder Einsparungen bei der Arbeitszeit erreicht werden. Es liegt an der Betriebswirtschaft, einen Weg in die erfolgreiche „Echtzeit-Betriebsführung“ aufzuzeigen. (gu)

dlz