

## pre agro - Managementsystem für den ortsspezifischen Pflanzenbau

### Teilprojekt Technikbetreuung und Technikvergleich

**Projektpartner:** Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft (DLG) e.V., Fachbereich Landtechnik, Potsdam-Bornim  
**Kontakt:** Dipl.-Ing. (FH) Cornelia Weltzien,  
 Tel.: 03 31 / 5 67 02 34, c.weltzien@dlg-frankfurt.de

### Teilprojekt Erprobung Module und Software

**Projektpartner:** Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung (ZALF) e.V., Institut für Landnutzungssysteme und Landschaftsökologie, Müncheberg  
**Kontakt:** Dipl.-Ing. agr. Andreas Jarfe,  
 Tel.: 03 34 32 / 8 22 57, ajarfe@zalf.de

### Teilprojekt Micro-Precision-Farming

**Projektpartner:** Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan, Fachgebiet Technik im Pflanzenbau  
**Kontakt:** Prof. Dr. Hermann Auernhammer,  
 Tel.: 0 81 61 / 71 34 42,  
 auernhammer@tec.agrar.tu-muenchen.de

### Teilprojekt Aufbereitung Ertragskartierung

**Projektpartner:** geo-konzept GmbH, Adelschlag  
**Kontakt:** Dipl.-Ing. agr. Thomas Muhr,  
 Dipl.-Ing. agr. Patrick Noack,  
 Tel.: 0 84 24 / 8 98 90, tmuhr@geo-konzept.de

### Gesamtprojektleitung

Dr. Armin Werner, Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung (ZALF) e.V., Institut für Landnutzungssysteme und Landschaftsökologie, Eberswalder Straße 84, 15374 Müncheberg,  
 Tel.: 03 34 32 / 8 23 10, landnutzung@zalf.de

### Projektinformationssystem

Universität Rostock,  
 Institut für Geodäsie und Geoinformatik,  
 Dipl.-Ing. Peter Korduan, Tel.: 03 81 / 4 98 21 64,  
 peter.korduan@agrarfak.uni-rostock.de

[www.preagro.de](http://www.preagro.de)

## ÜBERSICHT

Das entstehende Managementsystem des Verbundprojektes *pre agro* wird den Anwender bei der Auswahl geeigneter Eingangsinformationen und bei der Ableitung pflanzenbaulicher Maßnahmen unterstützen und somit den differenzierten Pflanzenbau auf Teilflächen wesentlich erleichtern. Zielsetzung und Konzept des Projektes sind dementsprechend stark praxisorientiert. Die erarbeiteten Ableitungsregeln und Softwaremodule für die ortsdifferenzierte Bodenbearbeitung, Aussaat, Düngung (Abb. 1) und den Pflanzenschutz werden in Pilotbetrieben und Lohnunternehmen an acht Standorten in Deutschland erprobt. Die dort eingesetzte Technik wird hinsichtlich ihrer Praxis-eignung und Kompatibilität geprüft und bewertet. Der Projektbereich 'Praxis' liefert die für die Weiterentwicklung des Managementsystems nötigen betrieblichen und technischen Informationen sowie die Ergebnisse von den Versuchsflächen. Die aufgezeichneten Ertragskarten, um systematische oder andere Fehler bereinigt, dienen als ein Maßstab für den Erfolg der teilflächendifferenzierten Maßnahmen. Die erhobenen Daten laufen im Projektinformationssystem zusammen und stehen allen Projektpartnern zum Abruf über das Internet bereit. Über den externen Bereich der Internetdarstellung werden aktuelle Forschungsergebnisse veröffentlicht.

*pre agro* erprobt im Teilprojekt 'Micro Precision Farming' auch die Gewannebewirtschaftung - die gemeinsame Bewirtschaftung benachbarter Flächen verschiedener Grundeigentümer bzw. Pächter bei flächenspezifischer Zuordnung von Aufwand und Ertrag.

## FORSCHUNGSKONZEPT

Die praktische Erprobung der Ableitungsregeln und Softwaremodule erfolgt in verschiedenen Regionen Deutschlands. Dadurch soll eine überregionale Gültigkeit des Managementsystems für die wichtigsten Ackerbaugebiete mit ihren unterschiedlichen klimatischen und geologischen Voraussetzungen erreicht werden (Tab. 1). Für das Projekt konnten 16 landwirt-



Abb. 1: Ortsdifferenzierte Ausbringung von Dünger am Standort Baasdorf

Abb. 2: Standorte der in pre agro einbezogenen Betriebe und Lohnunternehmen



schaftliche Betriebe an acht Standorten in Deutschland (Abb. 2) gewonnen werden, die insgesamt über 3.000 ha ihrer Flächen zur Verfügung stellen. Der hohe Investitionsbedarf für den Einstieg in Precision Agriculture lässt erwarten, dass zukünftig ein großer Teil ortsdifferenzierter Maßnahmen auf überbetrieblicher Ebene durchgeführt werden wird. Deshalb wurden auch drei Lohnunternehmen und ein Maschinenring in das Forschungskonzept integriert. Das Versuchsprogramm beinhaltet die ortsdifferenzierte Durchführung der Aussaat, der N-, P-, K- und

Kalkdüngung sowie der Applikation von Wachstumsreglern. In den vier Versuchsjahren werden an jedem Standort mehrere Winterweizenschläge bearbeitet und gezielt untersucht. In den Folgejahren werden diese Schläge mit ihrer spezifischen Fruchtfolge weiter betrachtet. Es erfolgt eine Teilung der Versuchsschläge in eine betriebsüblich und in eine differenziert, nach den Ableitungsregeln des Projektes bewirtschaftete Fläche. Dabei wird darauf geachtet, dass beide Hälften hinsichtlich ihrer Standortunterschiede annähernd gleich sind. Dies ermöglicht den Vergleich beider Bewirtschaftungsvarianten.

Bei der Auswahl der Praxispartner wurde darauf geachtet, ein möglichst weites Spektrum unterschiedlicher Typen von Betrieben (Tab. 2) und Lohnunternehmen zu erhalten. So reicht die Spanne vom Nebenerwerbsbetrieb bis zum landwirtschaftlichen Großbetrieb mit Viehhaltung, vom Maschinenring im Realteilungsgebiet bis zum Lohnunternehmen im landwirtschaftlich groß strukturierten Mitteldeutschland. Diese Gliederung ist von entscheidender Bedeutung für die Aussagekraft der ökonomischen und ökologischen Wirkungsanalysen des Teilflächenmanagements auf schlagspezifischer, betrieblicher und überbetrieblicher Ebene.

Standort	Landschaft/ Geomorphologische Einheit	Geologie: vorherrschendes Ausgangssubstrat der Bodenbildung	Leitböden/ Bodenvergesellschaftung	Jahresniederschlag [mm · a <sup>-1</sup> ]	Jahresdurchschnittstemperatur [°C]
Thumby	Jungmoränenlandschaft	Geschiebelehm	Parabraunerde, Pseudogley, Braunerde, Kolluvisol, Gley, Podsol	880	9,5
Kassow		Geschiebelehm	Parabraunerde, Pseudogley, Niedermoor, Braunerde, Kolluvisol, Gley, Podsol	530	9,1
Groß-Twülpstedt	Altmoränenlandschaft und Löss- und sandlössbedecktes Hügelland, Altmoränen	Geschiebelehm, Geschiebesand, Auenablagerungen	Regosol, Braunerde, Podsol, Parabraunerde, Pseudogley, Auenböden, Gley, Pararendzina, Moor, Pelosol, Tschernosem	600	9,3
Raesfeld (Beckum)		Geschiebelehm, Mergelgesteine aus Oberkreide	Parabraunerde, Braunerde, Podsol, Pseudogley, Rendzina, Gley	750	9,3
Baasdorf		Auenablagerungen, Geschiebelehm, Löss, Sandlöss	Parabraunerde, Tschernosem, Gley, Pararendzina, Braunerde, Podsol, Moor, Pseudogley	450	8,9
Raguhn		Löss, Sandlöss	Tschernosem, Parabraunerde, Braunerde, Podsol, Gley, Moor, Pseudogley, Pararendzina	470	8,7
Zeilitzheim	Hügelland	sandige Terrassenablagerungen, z.T. mit Löss und Lösslehm	Braunerde, Parabraunerde, Pseudogley, Pelosol, Pararendzina	550	8,3
Landshut	Tertiärhügelland und Isar-Tallandschaft	Auenablagerungen, Tertiärsedimente, z.T. mit Löss und Lösslehm	Auenböden, Gley, Parabraunerde, Braunerde, Pararendzina, Pseudogley	800	7,6

Tab. 1: Geologische und klimatische Einordnung der pre agro-Standorte

Standort	Betriebstyp	Betriebsfläche (ha)	durchschnittliche Schlaggröße (ha)	Ackerzahl von - bis (Ø)
Thumby	Marktf Fruchtbetrieb	1000	20	25 - 58 (40)
Kassow	Marktfr. mit 200 Milchkühen	2200	50	29 - 47 (36)
Groß-Twülpstedt	Marktf Fruchtbetrieb	500	5	38 - 48 (43)
Raesfeld (Beckum)	Marktf Fruchtbetrieb	150	5	28 - 44 (40)
Baasdorf	Ackerbau mit Hühnerhaltung	7000	50	31 - 94 (65)
Raguhn (Queis)	Marktf Fruchtbetrieb	1000	50	70 - 95 (79)
Zeilitzheim	Nebenerwerbsbetriebe	< 30	< 1	50 - 70 (60)
Landshut	Marktf Fruchtbetrieb	150	5	45 - 70 (60)

Tab. 2: Charakterisierung der Projektbetriebe

An einzelnen Projektstandorten werden zusätzliche Forschungsfragen bearbeitet. Dabei gilt es vor allem, weitere Düngungsstrategien für die ortsdifferenzierte Ausbringung von Stickstoff (u. a. Einsatz des N-Sensors) und Grunddüngern, aber auch von Herbiziden und Fungiziden zu erproben. Am Standort Groß-Twülpstedt, der sich durch kleinräumig stark wechselnde Zonen zwischen Sand und Ton auszeichnet, wird erstmals ein Konzept für die ortsdifferenzierte Bodenbearbeitung entwickelt (Infoblatt 'Informationsverarbeitung').

An einigen Standorten bietet sich die Untersuchung spezieller Maßnahmen an, über die bisher keine oder nur wenige technische bzw. pflanzenbauliche Erfahrungen vorliegen. So wird in Baasdorf zusätzlich die ortsspezifische Ausbringung von Hühnerkot, die differenzierte Steuerung einer Beregnungsanlage und die Ertragskartierung von Zuckerrüben untersucht. Im Lohnunternehmen Raesfeld, in einer viehbesatzstarken Region gelegen, wird die ortsdifferenzierte Maisaussaat und Gülleausbringung sowie die Ertragskartierung in Silomais erprobt.

### GEWANNEBEWIRTSCHAFTUNG

Der Projektstandort Zeilitzheim wurde stellvertretend für weite Regionen Süddeutschlands, in denen oft landwirtschaftlich sehr kleinstrukturierte Besitzverhältnisse zu finden sind, ausgewählt. In Zeilitzheim bewirtschaftet jeder Landwirt durchschnittlich etwa 37 Schläge mit einer mittleren Größe von 0,68 ha. Hohe Rüstzeitanteile, hohe Wegezeitanteile und ein geringer Hauptarbeitszeitanteil an der Gesamtarbeit sind die negativen arbeitswirtschaftlichen Folgen. Verfahrenstechnisch werden große Flächenanteile durch Wendevorgänge, Randstreifeneffekte und Überlappungen beeinflusst. Die resultierenden Bewirtschaftungskosten sind vergleichsweise hoch. Zur Verbesserung einer solchen Situation stehen grundsätzlich die traditionellen Verfahren der Flurneueordnung zur Verfügung. In Dorfgemeinschaften scheitern diese Vorhaben jedoch vielfach am Widerstand der mittlerweile überwiegender Betriebe im Zu- und Nebenerwerb bzw. der aus der Landwirtschaft ausge-

schiedenen Verpächter, die Benachteiligungen befürchten und in einer Besitzneuordnung keine Vorteile sehen.

Zusätzliche Möglichkeiten einer Strukturverbesserung eröffnet die Nutzung der Informationstechnologie in der Pflanzenproduktion. Mit dem Einsatz von GPS lässt sich über die Gewannebewirtschaftung eine „virtuelle Flurbereinigung“ realisieren. Dabei bleibt der Besitz der Ackerflächen unangetastet, die zusammengelegten Flächen können aber zusammenhängend, also effektiver bewirtschaftet werden. Entsprechend der Bereitschaft der Grundstückseigentümer bzw. Pächter können besitzorientierte, gemeinsame oder teilflächenspezifische Bewirtschaftungsziele realisiert und auch kurzfristig verändert werden.

Die Gewannebewirtschaftung wird in Zeilitzheim durch das Teilprojekt „Micro-Precision-Farming“ erprobt. Bei der Umsetzung waren von Beginn an beteiligt: Direktion für ländliche Entwicklung, Landwirtschaftsverwaltung, Zuckerindustrie, Maschinenring und fünf interessierte Landwirte. Gemeinsam wurden in einer ersten Besprechung vor Ort die Möglichkeiten und Grenzen abgesteckt. Es folgten viele Einzelgespräche in der Gemeinde, bis schließlich ein erstes Gewanne gebildet werden konnte (Abb. 3). Parallel zur Umsetzung und zur Bewirtschaftung im ersten Jahr entstanden zwei weitere Gewanne für das Folgejahr.

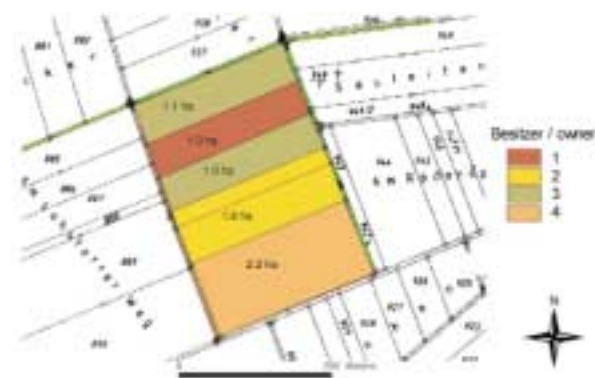


Abb. 3: Gewanne „Hausäcker“, Zeilitzheim

Es erfolgte die Planung einer neuen gemeinsamen Fruchtfolge unter Einbeziehung der Vorfrüchte sowie möglicher Erosionsschutzmaßnahmen. Die teilflächenspezifischen Bewirtschaftungsmaßnahmen Bestellung, Saat, Düngung und Pflanzenschutz erfolgen wie bei den anderen Projektbetrieben nach den Modulempfehlungen des zentralen Projektbereiches. Die wissenschaftliche Begleitung konzentrierte sich auf die Grunddatenerhebung der integrierten Flächen, die verfahrenstechnische Umsetzung der Bewirtschaftung und auf erste teilflächenspezifische Informationsgewinnungsmaßnahmen mit Beschaffung, Installation und Betreuung der erforderlichen Technik. Begleitend dazu wurden Grundlagenarbeiten im Hinblick auf die Rechtslage des Verfahrens und zur Verfahrensbeurteilung über Simulationen durchgeführt.

Nach eineinhalbjähriger Laufzeit liegen mittlerweile zahlreiche Erfahrungen und Ergebnisse vor:

- **Gewannebildung:** Die größten Probleme ergeben sich aus der Berücksichtigung der Eigentumsverhältnisse auf der einen und der erforderlichen Fruchtfolgen der beteiligten Betriebe auf der anderen Seite. Eine gemeinsame Vorgehensweise konnte nur durch Zugeständnisse aller erreicht werden, zumal im ersten Gewanne Zuckerrüben mit den Problemen der Kontingentierung eine zusätzliche Restriktion mit sich brachten.
- **Gewannegröße:** Simulationen zeigen, dass bei einer unterstellten mittleren Arbeitsbreite von drei Metern und einer mittleren Arbeitsgeschwindigkeit von  $8 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  etwa 80 % möglicher Leistungssteigerungen auf Flächen ab 7 - 8 ha erreicht werden können. In der Realität führten die vorliegenden Begrenzungen durch Wege zu 7 ha Gewannegröße.

Innerhalb des Gewannes vorhandene Grenzsteine (sog. Mittelsteine) wurden belassen, weil diese durch Drehung der Arbeitsrichtung auf gleicher Linie lagen. Die Kennzeichnung der Grenzsteine mit Markierungsstangen gab ausreichende Sicherheit bei der Bearbeitung, so dass keine Beschädigungen entstanden oder erkennbare Beeinträchtigungen des Arbeitsablaufes auftraten. Eine Tieferlegung ist jedoch zu empfehlen und wird mittlerweile seitens der Behörden in Form der „Unterflurvermarkung“ toleriert.

- **Bewirtschaftung:** Dabei einigte man sich auf die Nutzung der „besten verfügbaren Technik“ durch den Maschineneigentümer. Für die Bestandesführung konnte auf das Spezialwissen eines beteiligten Landwirtes zurückgegriffen werden. Die Erntearbeiten erfolgten überbetrieblich durch selbstfahrende Maschinen mit Ertragsermittlung.
- **Aufwands- und Ertragsrechnung:** Die Bewirtschaftung des ersten Gewannes erfolgte nach der Strategie „gemeinsames Ertragsziel“ durch schlag-einheitliche Maßnahmen. Die Aufwendungen wurden aufgrund einer noch nicht verfügbaren automatischen Prozessdatenermittlung manuell aufgezeichnet. Die Ertragsermittlung erfolgte über drei parallel ablaufende Ermittlungsverfahren: Proberodungen mit Analyse durch die Zuckerfabrik, integrierte Ertragsermittlung über Wiegerollen im Förderellevator des 6-reihigen SF-Köpfrödebunkers und Gesamt-erntemasseermittlung bei der Rübenanlieferung. Die Verrechnung wurde flächenanteilig mit Korrekturwerten für die Vorbeete durchgeführt.

Basierend auf den Daten des ersten Gewannes wurde eine ökonomische Bewertung durchgeführt. Dabei wurde unterstellt, dass die beteiligten Betriebe ihre gesamten Betriebsflächen in Form einer „virtuellen Flurbereinigung“ nach der Strategie eines gemeinsamen Ertragszieles bewirtschaften. Zusätzlich wurde unterstellt, dass eine mittlere Gewannegröße von 7 ha erreicht wird, die in den Betrieben vorhandene Fruchtfolge aus Winterweizen, Wintergerste, Silomais und Zuckerrüben realisiert werden kann, keine neue

Tab. 3:  
Kalkulierte zusätzliche Deckungsbeiträge einer Bewirtschaftungsgemeinschaft aus vier Betrieben mit ausschließlicher Gewannebewirtschaftung (100 ha, Fruchtfolge mit Winterweizen, Wintergerste, Zuckerrüben und Silomais)

Parameter	Dimension	Winterweizen	Wintergerste	Zuckerrüben	Silomais
Flächenanteil in der Fruchtfolge	ha	40	20	20	20
Zusätzliche Erträge	€ · ha <sup>-1</sup>	65	33	54	
Reduzierte Kosten	€ · ha <sup>-1</sup>	58	54	97	75
Zusätzlicher Deckungsbeitrag (I)	€ · ha <sup>-1</sup>	123	87	151	75
Reduzierter Zeitaufwand	€ · ha <sup>-1</sup>	26	24	21	25
Zusätzlicher Deckungsbeitrag (II) <sup>1)</sup>	€ · ha <sup>-1</sup>	149	111	172	100
Zusätzlicher Deckungsbeitrag (I) gesamte Bewirtschaftungsfläche	€ · a <sup>-1</sup>	11.460			
Zusätzlicher Deckungsbeitrag (II) <sup>1)</sup> gesamte Bewirtschaftungsfläche	€ · a <sup>-1</sup>	13.961			

1): inkl. Lohnersatz

Technik beschafft werden muss und die beste verfügbare Technik genutzt wird. Aus diesen Annahmen ergeben sich die in Tabelle 3 dargestellten Mehrerlöse und Kosteneinsparungen.

Dabei wird zudem unterstellt, dass die Gewannebewirtschaftung in der aufgezeigten Form keine zusätzlichen Kosten erfordert und dass auch für die überbetrieblich durchgeführte Ernte keine Mehrkosten anfallen. Danach ergeben sich ohne Berücksichtigung der eingesparten Arbeit zwischen  $75 \text{ €} \cdot (\text{ha} \cdot \text{a})^{-1}$  oder  $11460 \text{ €} \cdot \text{a}^{-1}$  als Gesamtsumme für die beteiligten Betriebe. Wird die eingesparte Arbeit zusätzlich bewertet, dann erhöht sich der Deckungsbeitrag um weitere 22 % auf nahezu  $14000 \text{ €} \cdot \text{a}^{-1}$ .

Mittlerweile wurden die Strategien für die nun verfügbaren drei Gewanne festgelegt. Demnach erfolgen in den nächsten Jahren die Bewirtschaftungsmaßnahmen entsprechend den folgenden Vorgaben:

- **Gewanne I:** gemeinsames Ertragsziel mit Drehung der Bearbeitungsrichtung
- **Gewanne II:** Teilflächenbewirtschaftung mit Drehung der Bearbeitungsrichtung
- **Gewanne III:** besitzorientierte Bewirtschaftung unter Beibehaltung der Bearbeitungsrichtung.

Zugleich werden auch dort mittlerweile die erarbeiteten Regeln der Bestandesführung des Verbundprojektes angewendet und die zwischenzeitlich erfolgreich gestartete automatische Betriebsdatenerfassung auf das gesamte Projekt ausgedehnt.

Hinzu kommt eine Studie in der Gesamtgemeinde mit Analysen für Berücksichtigungen ökologisch schützenswerter Zonen und anderer umweltrelevanter Forderungen bei der Gewannebildung sowie einer möglichen Etablierung „ökologisch ausgerichteter Gewanne“. Ist-Analysen und Modellrechnungen mit realen Daten aus dem Vorhaben werden die Untersuchungen abschließen und fundiertes Datenmaterial zur Bewertung dieser neuen Bewirtschaftungsformen bereitstellen.

## TECHNIKBETREUUNG UND TECHNIKVERGLEICH

Die am Projekt beteiligten Betriebsleiter und Lohnunternehmer wurden bei der Ausstattung mit der Technik für das Teilflächenmanagement durch das Teilprojekt 'Technikbetreuung und -vergleich' beraten, entschieden jedoch eigenständig, welche Systeme

angeschafft wurden. So sind auf den Betrieben Komponenten von nahezu allen Anbietern des Precision Agriculture-Marktes in verschiedenen Kombinationen im Einsatz. Bis alle Geräte zufriedenstellend funktionierten, mussten die Betriebsleiter und das Teilprojekt sehr viel mehr Zeit und Arbeit investieren, als zuvor absehbar war. Einige der aufgetretenen Probleme konnten in Zusammenarbeit mit den Herstellern bereits gelöst werden, auf nötige Weiterentwicklungen wurde in verschiedenen Gesprächen und Workshops mit Industrievertretern hingewiesen. Nach den bisherigen Erfahrungen des Projektes beim Einsatz der Technik ergeben sich konkrete Anforderungen für den Einkauf (siehe Kasten).

Die Bedienung der Geräte ist aufgrund der komplexen Technik oft noch sehr aufwendig. Das gilt in besonderem Maße für die Software geografischer Informationssysteme (GIS). Eine Einarbeitung in Software und Technik ist unabdingbar und fördert einerseits das Verständnis für das Prinzip Precision Agriculture. Andererseits müssen jedoch häufig aufgrund noch mangelnder Kompatibilität oft mehrere Geräte bedient und nicht nur ein Softwareprodukt neu erlernt werden.

### CHECKLISTE FÜR DIE TECHNIK IN PRECISION AGRICULTURE

#### Allgemein

- Kompatibilität für Soft- und Hardware-Komponenten (LBS- bzw. ISO- Norm)
- Zuverlässigkeit der Software und Elektronikkomponenten

#### Hardware

- einfache Kalibriersysteme, reduzierter Zeitaufwand
- Kontrollsensorik zur Erstellung von ‚As-applied‘-Karten
- neue Entwicklungen speziell für teilschlagspezifische Bewirtschaftung

#### Software

- Vergleichbarkeit der Daten, einheitliche Filter- und Interpolationsmethoden
- einheitliche Datenformate, Rastergrößen etc. für GIS Programme
- durchgängig kompatible Datenformate für gesamte landwirtschaftliche Software

#### Management

- gut informieren, Heterogenität der Flächen ermitteln
- realistische Erwartungen formulieren, abschätzen der benötigten Genauigkeiten für die PA-Technik
- Zusammenarbeit mit Dienstleister und Berater
- Service/Erreichbarkeit der Firmen

## INFO

### Standardisierung durch LBS

Für eine Vereinheitlichung der Signal- und Steuerinformationen im Bereich der Gerätetechnik liegen die Standards der DIN 9684 „LBS“ (landwirtschaftliches Bussystem) vor. Im Herbst des Jahres 2000 haben sich wichtige Anbieter von Landmaschinen und Elektronik bzw. Software in der deutschen Landwirtschaft auf eine einheitliche Vorgehensweise geeinigt. Sie werden alle die LBS-Norm in leicht adaptierter Form (LBS+) für ihre Geräte und Software anwenden. Dies ist ein Schritt zu mehr Sicherheit für Anbieter und Anwender hinsichtlich Kompatibilität technischer Komponenten für Precision Agriculture.

Die Einigung auf diese Variante der LBS-Norm erlaubt den Herstellern von Schleppern und Endgeräten eine konsequente Weiterentwicklung der Steuer- und Kontrollelektronik für landwirtschaftliche Geräte. Dies betrifft in besonderem Maße die Steuerung der Applikationstechnik in Precision Agriculture durch Bordelektronik von Schleppern und Selbstfahrem.

Mit der Umsetzung der LBS-Norm wird gewährleistet, dass Steuer- und Regelsysteme für landwirtschaftliche Geräte- und Antriebstechnik hinsichtlich zukünftiger internationaler Normierung passfähig bleiben. Gegenwärtig wird die ISO-Norm 11783 erarbeitet, die weitgehend auf der deutschen LBS-Norm aufbaut. Eine Festschreibung der ISO-Norm ist in den nächsten drei bis fünf Jahren zu erwarten. Die auf dem LBS+-Standard basierenden Geräte und elektronischen Systeme werden durch Anpassung der Software weiterhin untereinander sowie mit den zukünftig eingeführten nach ISO-Norm arbeitenden Systemen kompatibel gehalten.

Die Harmonisierung der Datenflüsse über LBS kann hier helfen, die oft noch hohe Anzahl verschiedener Steuergeräte bzw. -computer zu reduzieren. Eine Vereinheitlichung von Datenformaten und eine verbesserte Kompatibilität im Softwarebereich stellen in Aussicht, dass zukünftig nur eine Software angeschafft und bedient werden muss.

Das Teilprojekt 'Technikbetreuung und -vergleich' führt intensive Prüfungen bezüglich der Arbeitsqualität von Düngerstreuern in Kombination mit verschiedenen Stickstoffdüngern zur Variation der Ausbringung durch. Hierbei wurden teilweise erhebliche Abweichungen in der Querverteilung festgestellt. Der Großteil der getesteten Streuer-Dünger-Kombinationen ergab Abweichungen in der Querverteilung von 10 - 15 % und wurde so der europäischen Norm für Schleuderstreuer mit der Anforderung einer Abweichung unter 15 % bei konstanter Ausbringung gerecht. Eine Adaption der Norm für variable Ausbringungsmengen ist bisher noch nicht erfolgt.

Die Prüfung deckte die Hauptursachen für die Abweichungen zwischen geplanter und tatsächlicher Verteilung des Düngers auf. Einige Fehlerquellen können durch den Anwender vermieden werden:

- Fehler der **Ausbringmenge**:  
Sie können durch regelmäßiges Abdrehen und sorgfältiges Kalibrieren weitgehend vermieden bzw. reduziert werden.
- **Positionierungsfehler**:  
Hochwertige DGPS-Empfänger gewährleisten gute Positionierungsgenauigkeit.
- Fehler der **Längsverteilung**:  
Verzögerungen der Mengenvariation durch lange Stellzeiten waren bei den geprüften Anbauschleuderstreuern kein Problem.  
(Bei Streuern mit zusätzlichen Förderorganen sowie Pneumatikstreuern steht eine Prüfung noch aus.)
- Fehler der **Querverteilung**:
  - Die Form des Streubildes ist Hauptfaktor für Abweichungen in der Verteilung des Düngers. Das Streubild wird maßgeblich von den physikalischen Eigenschaften des Düngers sowie der Einstellung des Streuers bestimmt.
  - Die korrekte Einstellung des Streuers spezifisch für jeden Dünger ist unbedingt notwendig. Für die Einstellungsfindung sind die Empfehlungen der Hersteller zu befolgen.
  - Für jeden Dünger, aber auch für unterschiedliche Chargen sind die Einstellungen mit Hilfe von Streubildern und Auffangschalen zu überprüfen.
  - Bei der Streuertechnik ist auf einfache Einstellmöglichkeiten und gute Testergebnisse zu achten.

Allgemeine Einstellregeln der Streuer für die teilflächenspezifische Düngung können leider nicht wie angestrebt abgeleitet werden, dazu ist vor allem der Einfluss der physikalischen Eigenschaften der verschiedenen Düngersorten zu groß.



Abb. 4: Prüfung von GPS-Empfängern

	GPS	DGPS	DGPS <sup>1)</sup>	GPS-RTK <sup>2)</sup>
Einsatzgebiet	Logistik	Ertragskartierung	Applikation	Vermessung
Positionierung	~ 10 m	1-5 m	< 1 m	< 5 cm
Signal-Stabilität	hoch	mittel	mittel	gering
Signal-Qualität	gering	mittel	gut	sehr gut
Preisklasse ab DM	300	3000	6000	50000

1) hi-end Produkt 2) Real-time-Kinematik

Tab. 4:  
Einsatzmöglichkeiten von  
GPS-Empfängern verschiedener  
Qualität

Die Prüfung von GPS bzw. DGPS auf Zuverlässigkeit, Wiederholgenauigkeit und Positionierungsqualität (Abb. 4) ergab deutliche Unterschiede zwischen den Empfängern verschiedener Qualitätsklassen (Tab. 4). Die Empfangsstabilität scheint sich konträr zur möglichen Genauigkeit der Position zu verhalten. Es gibt unterschiedliche Anforderungen an die Positionsgenauigkeiten; diese sollten klar definiert werden. Das gilt auch im Hinblick auf zukünftige höhere Präzisionsanforderungen z. B. für den Einsatz von mechanischen Hacken bei Reihenfrüchten oder autonom gesteuerten Fahrzeugen.

Technik für Precision Agriculture ist somit, soweit vorhanden, funktionstüchtig, aber es gibt noch Lücken. So fehlen Ertragsmesssysteme für Häckselgut. Die Lösungen für Zuckerrüben und Kartoffeln sind noch nicht ganz ausgereift. Auch Zuverlässigkeit, Genauigkeit und vor allem die Kompatibilität der Systeme sind dringend weiterzuentwickeln, um die Akzeptanz der gesamten Technologie des Precision Agriculture zu erhöhen.

## ERTRAGSKARTIERUNG

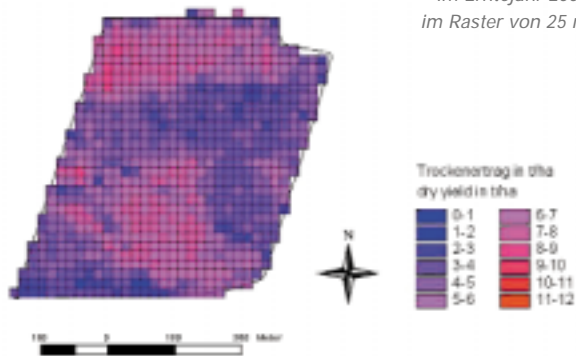
Der Teilbereich 'Praxis' liefert den übrigen Teilprojekten zusätzliche Informationen wie Boniturdaten der Versuchsbestände, betriebliche Informationen und Anbaudaten, Schlaggrenzen, Karten der Reichsbodenschätzung, topographische Karten verschiedener Maßstäbe sowie die Ergebnisse der Ertragskartierungen.

Die Ertragskartierung bei den Mähdruschfrüchten ist eine der häufigsten Anwendungen im Precision Agriculture. Sie ist gut geeignet, um die oft erstaunlich großen Ertragsunterschiede innerhalb der Flächen aufzudecken. Allerdings unterscheiden sich die Ertragsmuster eines Schlages verschiedener Jahre selbst bei Anbau der gleichen Kultur durch den spezifischen Verlauf der Witterung einzelner Jahre erheblich. In der Regel können daher erst nach Kartierung über mehrere Jahre treffende Aussagen zur räumlichen Ertragsstruktur gemacht werden. *pre agro* verwendet Ertragskarten deshalb nicht unmittelbar zur Ableitung von pflanzenbaulichen Maßnahmen. Die Karten dienen jedoch als wesentlicher Maßstab für den Erfolg der nach den pflanzenbaulichen Regeln und Softwaremodulen abgeleiteten Empfehlungen für die ortsdifferenzierten Maßnahmen.

Die Ertragskarten müssen vor einer weiteren Verwendung zunächst um die während der Aufzeichnung aufgetretenen systematisch bedingten Fehler bereinigt werden. Hierbei spielen nach dem bisherigen Stand der Ergebnisse vor allem fehlerhafte Sensorwerte eine Rolle. Die Analyse und Aufbereitung von Ertragsdaten ist die Aufgabe des Teilprojektes 'Aufbereitung Ertragskartierung'. Im Verbundprojekt kommen zahlreiche Ertragsmesssysteme verschiedener Hersteller zum Einsatz. So fallen u. U. beim Einsatz mehrerer Mähdrescher auf einem Schlag Ertragsdaten von unterschiedlichen Ertragsmesssystemen an. Ebenso werden häufig auf einem Schlag über die Jahre Erntegeräte verschiedener Hersteller eingesetzt. Ertragsdaten aus verschiedenen Ertragsmesssystemen unterscheiden sich zum Teil erheblich bezüglich des Dateiformates, der Informationstiefe und des Vorverarbeitungsgrades. Die gemeinsame oder vergleichende Verarbeitung von Ertragsdaten verschiedener Herkunft muss diesen Unterschieden Rechnung tragen, um die Aussagekraft der resultierenden Ertragskarten sicherzustellen.

Das Teilprojekt entwickelte Importfilter für alle im Projekt verwendeten Ertragsdatenformate und untersuchte den Informationsgehalt der Ertragsdaten. Ein Ansatz zur Ermittlung möglicher Fehlerquellen in Ertragsrohdatensätzen liegt in der Untersuchung von Unregelmäßigkeiten der Lageinformation der Ertragsdaten. Deren geographische Lage wird durch GPS-Systeme ermittelt. Hierfür werden sogenannte Rohdatensätze herangezogen, die die Information einer Erntefahrt als Rohdaten wiedergeben. Zu den Unregelmäßigkeiten dieser Rohdaten gehören u. a. Abweichungen zwischen der während der Erntefahrt gemessenen Distanz einzelner Ertragsmessstellen und der aus der geographischen Lage errechneten Abstände dieser Punkte. Alle Ertragsdaten, die hierbei Unterschiede aufweisen, werden aus dem Rohdatensatz herausgefiltert.

Abb. 5: Karte des Trockenertrages Schlag „Finkenherd“, Baasdorf im Erntejahr 2000 im Raster von 25 m



Die verbliebenen Datensätze werden einer Richtungsanalyse unterzogen, welche die Indikation der Fahrspuren einer Erntefahrt erlaubt. Der Ertrag und die Fahrspurlänge liefern ein Ertragsprofil und ermöglichen den Vergleich zwischen benachbarten Fahrspuren. Mit Ertragsdaten zusammenhängende Bodeneigenschaften (z. B. Bodenfeuchte, Nährstoffgehalt) werden über den Verlauf der Ertragsprofile abgebildet und liefern, neben der reinen Darstellung von Ertragsdaten, wertvolle Informationen über die Bodenqualität. Bezogen auf die Gesamtfläche werden bei der Ertragskartierung Genauigkeiten von ca. 1 % erreicht. Einzelne Punktdaten können dagegen um bis zu 40 % vom tatsächlichen Ertrag abweichen. Zur Zeit werden die Ertragsdaten als Rasterkarten mit einer Rastergröße von lediglich 25 Meter bereitgestellt (Abb. 5), da die Fehlerkorrektur der Punktdaten für eine höhere Auflösung als noch nicht ausreichend angesehen wird.

## PROJEKTINFORMATIONSSYSTEM

Die Größe des Verbundprojektes, die räumlich getrennte Lage der beteiligten Institutionen und Betriebe sowie die Vielfalt der anfallenden Daten machen ein umfangreiches Informationssystem, welches sowohl die Kommunikation und die Organisation als auch den wissenschaftlichen und technischen Datenaustausch unterstützt, notwendig. Das am Institut für Geodäsie und Geoinformatik der Universität Rostock entwickelte System basiert auf der Nutzung verschiedenster Datenbank- und Internettechnologien. Auf der *pre agro* home-page <http://www.preagro.de> (Abb. 6) werden das Projekt inhaltlich vorgestellt, Mitarbeiter und Projektpartner aufgelistet, Grundlagen zur Thematik Precision Agriculture vermittelt, Veröffentlichungen, Links und Begriffe zum Thema dargestellt und ein Diskussionsforum angeboten. Neuigkeiten und Stellenausschreibungen werden stets auf der ersten Seite angekündigt. Für ausländische Interessenten wird auch eine Beschreibung des Projektes in englischer und französischer Sprache angeboten.

Im internen Bereich der WebSite befindet sich das Informationssystem für die Projektmitarbeiter. Darin werden alle für die Projektarbeit relevanten Informationen organisatorischer Art und Hilfsmittel zur Unterstützung der Kommunikation und kooperativen Zusammenarbeit BSCW (Basic Support for Cooperative Work) und planend ausgerichteter Betriebstagebücher bereitgestellt. Kern des internen Informationssystems ist das Metainformationssystem, welches eine Recherche über alle beziehbaren raum-, sach- und zeitbezogenen GIS-Daten ermöglicht. Dabei kann der Nutzer in einem abgestuften Suchverfahren über die Auswahl von Regionen, Kategorien, Betrieben, Datenarten, Zeiträumen, Schlägen, Formaten und Bezugssystemen direkt zu den im Projekt erhobenen und auf dem Server zur Verfügung gestellten Datensätzen gelangen und diese bei gegebener Zugriffsberechtigung sofort herunterladen. Die Ergebnisdarstellung nach einer Suche erfolgt wahlweise in Tabellen- und Listenform zuzüglich der Angabe datenartspezifischer Metadaten. Darüber hinaus haben Datenadministratoren die Möglichkeit, ihre erhobenen Daten selbständig über das Internet in das Informationssystem hochzuladen und die notwendigen Metadaten dazu einzugeben und zu pflegen. Über ein Abonnentensystem können sich die Benutzer über Neuerungen im Datenbestand gezielt und automatisch per E-Mail informieren lassen. Zur Visualisierung der graphischen Datenbestände im Internet steht ein GIS-Viewer zur Verfügung, mit dem ArcView-Datensätze direkt im Browser betrachtet werden.

Die Mitarbeiter des Teilprojektes arbeiten fortwährend an der Modellierung des Metainformationssystems, an der Verbesserung und Standardisierung der Datenqualität sowie an der Erweiterung der Funktionalitäten im externen und internen Bereich der *pre agro*-Web-Seiten.



Abb. 6: *pre agro*-Home-Page