

6 Projektbereich 4: Bestandesführung

6.1 Zusammenfassung von PB 4: Methoden, Modelle und Ergebnisse zur integrativen Bewirtschaftung von heterogenen Standorten und Pflanzenbeständen mit Hilfe von Precision Farming

Summary of PD 4: Methods, models and results of an integrative crop husbandry system for heterogeneous sites and crop stands using precision farming technologies

Graeff-Hönninger, S.; Berger, G.; Werner, A.; Leithold, P.; Dammer, K.-H.

6.1.1 Extended Summary

Precision farming is a systems approach to manage soils and crops in order to reduce decision uncertainty through better understanding and management of spatial and temporal variability. Much research has been conducted to develop strategies for site-specific crop management in different agricultural systems. However, applications in which the sole focus has been on variable rate technology for managing spatial variation at the sub-field level have often failed to deliver significant and consistent improvements in crop yields, profitability, input use efficiency, and environmental impact. Robust, dynamic, and integrated forms of site-specific management require better techniques, methods and models for characterizing and understanding crop growth determinants at the spatial and temporal scales that are relevant for decision-making. The appropriate crop management processes and soil and crop information needs to vary among different environments and depend also on the different decisions to be made.

In order to optimize crop management under the constraints of precision farming a holistic view is necessary, which takes various potential yield limiting factors into account, thereby reducing the uncertainty associated with crop management decisions. Uncertainty, spatial variability and complex non-equilibrium ecological dynamics emphasize the need for flexible responses and an iterative, feedback and learning based management approach. The taken approach should rely on indigenous knowledge as well as local economic and ecological indicators to track and respond to ecological and economic changes. Decision support systems adapted to a site-specific scale offer the possibility to link the different information levels and to account for the multiple interactions in an agro-ecosystem in a holistic way. They offer the change to further reduce the dynamic component of uncertainty in decision making by helping farmers and scientists to determine which parameters to treat as uncertain, which distributions to use, how to discretise the distributions and how to transport the data generated by the various sensor technologies and yield monitors into management prescriptions. This may involve the use of advanced technologies at the sub-field scale, or simply by improving field-level inputs. In a methodologically sound approach the project area "Characterization of Crop Stands and Crop Husbandry" of *pre agro* aims to develop and improve appropriate tools and techniques for crop stand characterization especially in the context of nitrogen fertilization and plant diseases and to finally integrate the different information scales and datasets into decision support systems designed to deliver appropriate management strategies for the farmer. Different information levels in an agro-ecosystem are linked together starting at the physiological level of a plant, over the nutritional and health status, combined with soil and climatic factors resulting in a spatially variable management strategy for the cropping system and the overall impact on the agro-ecosystem.

To reach the different goals the different subprojects use different methodologies in form of empirical field studies, sensor technologies and modelling approaches. The results of the year 2005 showed that new insights could be gained in the characterization of crop stands using on-farm experiments (SP 9 and SP 11). First and preliminary the methods to derive production functions for the site-specific management of fertilizer and fungicide applications will be developed. The insights in crop stand characterization and crop management were further extended and deepened by specific field studies to develop an expert system proPlant “expert.precise” for site-specific fungicide decisions (SP 10). Information characterizing differences in crop stands are also important for processing suitable sensor technologies for plant disease identification (SP 12). Results of subproject 4 revealed that preliminary indicators for the characterization of the biodiversity of heterogeneous sites could be developed and linked with appropriate crop nutrient and plant protection strategies. The gained results are in line with the milestones of the overall project area and will be further specified by field trials, further data collection and research in 2006.

6.1.2 Problemstellung

a) aus fachwissenschaftlicher Sicht

Die teilflächenspezifische Pflanzenproduktion bietet beispielgebende Möglichkeiten, praxisrelevante Grundlagen und Methoden für eine nachhaltige Bewirtschaftung von heterogenen Standorten und Pflanzenbeständen zu erarbeiten und unter Praxisbedingungen in der konkreten Anwendung zu erproben. Die Umsetzung und Anwendung von Precision Farming in der Praxis erfordert seitens der Forschung wesentliche, grundlegende Arbeiten im Bereich Pflanzenwachstum, Ertragsbildung und den diesbezüglichen Standort- bzw. Managementeinflüssen. Die inhaltlichen Verflechtungen und Interaktionen von verschiedenen pflanzenbaulichen Maßnahmen untereinander sowie die Wechselwirkungen aus Standort- und Managementeinflüssen auf den Bestandesaufbau, den Ertrag und die Qualitätsbildung sind systemimmanent und erlauben für die Planung und Steuerung der Maßnahmengestaltung kaum einfache Lösungen. Wesentliche Voraussetzung hierzu ist jedoch die Erlangung eines umfassenden Verständnisses der Beeinflussung von Bestandesentwicklung, der Bestandesführung und den Interaktionen hinsichtlich Standort- und Managementeinfluss (SÖRENSEN 2002). Die Analyse des verfügbaren, wissenschaftlichen Kenntnisstandes weist deutliche Lücken im Verständnis der wesentlichen Prozesse eines teilflächenspezifischen Pflanzenbaus sowie deren Steuerung auf. Darüber hinaus liegen inhaltlich-fachliche und methodische Schwierigkeiten in der Bereitstellung der notwendigen Informationen und Daten, deren Interpretation und Umsetzung in konkrete pflanzenbauliche Handlungsdirektiven vor, welche jedoch für einen breiten, praktischen Einsatz von Precision Farming unabdingbar sind.

Der Projektbereich 4 „Bestandesführung“ beschäftigt sich daher im Detail mit diesen Fragen und geht gezielt den Aspekten nach, Methoden und Modelle zur Bereitstellung teilflächenspezifischer Daten, die als Grundlagen für die Bewirtschaftung herangezogen werden, zu erheben und zu analysieren. Darauf aufbauend sollen Modelle zur Abschätzung von Ertragspotenzialen und aktuellen Ertragszielen sowie der Bestandesentwicklung, sowie Methodiken zur Ableitung unterschiedlicher Bewirtschaftungsstrategien und dem Design von Experimenten zur kontinuierlichen Beschaffung von Grundlagen und Daten (On-Farm Experimente) entwickelt werden.

Aus dem sich ergebenden Forschungsbedarf heraus konzentriert sich der Projektbereich 4 in erster Linie auf die Erarbeitung von Produktionsfunktionen und die Analyse der relevanten teilflächenspezifischen Faktorenkombinationen für die Parameter Düngung und Pflanzenschutz.

Gerade in diesen Bereichen sind praxistaugliche Methoden unbedingt erforderlich und limitieren den derzeitigen Einsatz von Precision Farming Technologien. Über die inhaltliche Verknüpfung der Parameter Düngung und Pflanzenschutz interagieren die Teilprojekte in diesem Projektbereich. Die bearbeiteten Problemstellungen, die im einzelnen in den Kapiteln 6.2 - 6.6 der jeweiligen Teilprojekte aufgelistet sind, konzentrieren sich daher in unterschiedlichen Dimensionen der Kernkompetenzen der Teilprojekte auf die Parameter Düngung und Pflanzenschutz.

b) aus Sicht des Gesamtprojektes

Im Projektbereich 4 erfolgt eine sachlogische und inhaltliche Verknüpfung der Forschungsarbeiten hinsichtlich Methodenentwicklung und Erkenntnisgewinn bei der Charakterisierung von Pflanzenbeständen mit den Grundlagen und Prinzipien der Bestandesführung. Die zu lösenden Problemstellungen und die daraus abgeleiteten Ziele ergeben sich aus den Anforderungen der Entscheidungsfindung für die Bestandesführung. Kenntnisse über den aktuellen Zustand von Pflanzenbeständen werden aus verschiedenen Gründen benötigt, da dieser die weitere Entwicklung des Bestandes determiniert und diese den Landwirt dazu veranlassen können, geeignete Maßnahmen zu ergreifen bzw. geplante Managementprozesse entsprechend anzupassen. Eine umfassende Kenntnis des aktuellen Bestandeszustandes unterstützt damit die Entscheidungsfindung in der taktischen Planung bzw. der operativen Gestaltung der Bestandesführung.

Als Entscheidungsgrundlage für die Bestandesführung dienen Informationen über die prinzipiellen und aktuellen Eigenschaften der jeweiligen Standorte bzw. Pflanzenbestände. Wesentliches Teilziel des Projektbereiches 4 ist daher, die Ergebnisse der methodischen und der analysierenden Arbeiten, die auf Informationsbeschaffung am Standort und am Bestand ausgerichtet sind, zusammenzufassen und damit Ausgangsgrundlagen für die anderen Projektbereiche des Verbundes zu schaffen. Darüber hinaus werden jene Forschungsarbeiten inhaltlich vernetzt, die auf das pflanzenbauliche Management der Bestände ausgerichtet sind.

Im Einzelnen bedeutet dies, dass das Teilprojekt 11 („On-Farm Research“) die Grundlagen erarbeitet, aus denen spezifische Produktionsfunktionen durch Experimente im Betrieb selbst oder durch Nutzung von regional verfügbaren Daten abgeleitet werden können. Hierzu werden die Methoden, Protokolle und Informatikkonzepte entwickelt, mit denen für ausgewählte Fruchtarten (s. Teilprojekt 9, Kapitel 6.2) Produktionsfunktionen abgeleitet werden können. Produktionsfunktionen sind in der pflanzenbaulichen Maßnahmenplanung unter Praxisbedingungen die entscheidenden Grundlagen für die Auswahl von Produktionsmitteln bzw. deren mengen- und termingerechten Einsatz. Die Ableitung dieser Aufwand-Ertragsrelationen ist ein Kernziel des Teilprojektes 9. Darüber hinaus gilt es zu untersuchen, mit welchen Methoden und mit welcher Genauigkeit solche Aufwand-Ertragsrelationen unter praktischen Bedingungen zu ermitteln sind.

Die typischen pilzlichen Schaderreger von Kulturpflanzen zeigen oftmals eine räumliche und zeitliche Heterogenität. Die Abschätzung der räumlich diskreten Vorkommenswahrscheinlichkeiten für wichtige Schadpilze ist eine wichtige Voraussetzung zu einer integrierten Schaderregerregulation. Zur Zeit sind jedoch keine Sensor- und Entscheidungsunterstützungssysteme verfügbar, die fahrzeuggestützt den Krankheitsbefall identifizieren und quantifizieren. Im Teilprojekt 10 wird der seit dem Jahr 2000 in der Praxis verfügbare Online-Sensor CROP-Meter mit dem zu entwickelnden Expertensystem proPlant „expert.precise“ (Prototyp) zu einem hybriden Applikationssystem verknüpft. Mit dem Expertensystem sollen unter Einbeziehung kleinräumiger historischer und aktueller Bestandesinformationen, die die pilzliche Pathogenentwicklung beeinflussen können, eine

Fungizidapplikationskarte generiert werden. Im Sinne einer nachhaltigen Landbewirtschaftung wird in Teilprojekt 12 eine Nahsensorik entwickelt, die eine räumlich differenzierte Identifizierung und Quantifizierung von Pathogenen und darauf aufbauend eine teilflächenspezifische Steuerung der Fungizidapplikation ermöglichen soll. Um dieses Ziel zu erreichen, sind insbesondere im Bereich der Sensorentwicklung und des Managements von Pflanzenkrankheiten noch wesentliche Grundlagen seitens der Forschung einschließlich der Überprüfung der entwickelten Technologien und Methodiken hinsichtlich ihrer Anwendung und Übertragung als online-gestützte Sensorik für die landwirtschaftliche Praxis zu leisten und stellen damit eine weitere Herausforderung an den Projektbereich.

Die teilflächenspezifische Bewirtschaftung im Hinblick auf Düngung und Pflanzenschutz ist ebenfalls bei der Umsetzung von Naturschutzzielen bedeutsam. Hier müssen klare Ziele herausgearbeitet und Wirkungen quantifiziert werden. So sind z.B. die Auswirkungen des zu erwartenden Krankheitsbefalls bei reduziertem bzw. keinem Pflanzenschutzinsatz, oder eine Reduktion der ausgebrachten Düngermengen auf den Ertrag der Kulturpflanze in besonders schützenswerten Biotopen innerhalb eines Schlages zu bewerten und dem Nutzen für den Naturschutz gegenüberzustellen. Diese Erkenntnisse fließen im Gesamtprojekt im Bereich des Naturschutzes zusammen und unterstützen die abgeleiteten Erkenntnisse.

Aus der Sicht des Gesamtprojektes liefert der Projektbereich daher einen wesentlichen Beitrag zur Entwicklung der Grundlagen für die operativ-entscheidungsbezogene Charakterisierung von Pflanzenbeständen mit den Grundlagen und Prinzipien der Bestandesführung und trägt durch eine breite Methodenentwicklung zur Entscheidungsfindung für die teilflächenspezifische Bestandesführung bei.

6.1.3 Bearbeitungsgegenstände und verwendete Methoden

Im Projektbereich 4 „Bestandesführung“ werden über die einzelnen Teilprojekte unterschiedliche Methoden und Technologien zur Bearbeitung verschiedener Teilfragestellungen zu den Themenkomplexen Düngung und Pflanzenschutz eingesetzt. Im übergeordneten Sinne können diese Methoden in empirische (Feld- und Gewächshausversuche, On-Farm Experimente), technologische (Sensorsysteme in unterschiedlichen Auflösungen und Skalenmaßstäben [Einzelblatt bis km²]) sowie methodische Ansätze (Expertensysteme, Prognosemodelle, prozessorientierte Pflanzenwachstumsmodelle) zur Entscheidungsunterstützung unterteilt werden.

Ziel der empirischen Studien ist in erster Line, die Erfassung und Charakterisierung der Pflanzenbestände, die in ihrer Entwicklung durch Wechselwirkungen von Standort und pflanzenbaulichen Maßnahmen beeinflusst werden. Um die mögliche Komplexität dieser Wechselwirkungen auf eine überschaubare Menge an Bestandesführungsvarianten zu begrenzen, werden die zu berücksichtigenden Standort- bzw. Bestandesunterschiede auf drei Zonen(Ertragserwartungs-)klassen reduziert. Hierzu werden mit den Methoden der Standortcharakterisierung solche Zonen identifiziert, die homolog hinsichtlich der wesentlichen ertragsbildenden Prozesse bei den Kulturpflanzenbeständen wirken. Die Erarbeitung von regions-, standorttyp- und teilflächenspezifischen Produktionsfunktionen mit hoher Entwicklungsflexibilität bildet hierbei die zentrale fachliche Herausforderung. Unterstützt wird die angestrebte Ableitung solcher Produktionsfunktionen durch ein experimentell, betrieblich ausgerichtetes Versuchswesen. In On-Farm Experimenten werden daher bekannte bzw. vorgeschlagene Verfahren unter verschiedensten

Bedingungen getestet. Die Ergebnisse können dann zur Weiterentwicklung von standortgerechten und zielbezogenen Produktionsverfahren im Precision Farming herangezogen werden.

In einem zweiten Teil des Projektbereiches werden in diesen empirischen Studien und Feldversuchen unterschiedliche technologische Verfahren der Nah- und der Fernerkundung wie z.B. bodengestützte Sensorsysteme für die Detektion des Ernährungszustandes oder von Schaderregern eingesetzt. Methoden und Ergebnisse der Fernerkundung (flugzeuggetragen), die durch den Projektbereich 3 bereitgestellt werden, dienen der allgemeinen Analyse der Bestände hinsichtlich aktueller Zustands- und insbesondere Stresssituationen (Nährstoffe, Wasser ...). Neben der Entwicklung und Erprobung dieser Methoden für Praxisanwendungen werden zudem zusammen mit TP 3 von PB 1 und den TPen 13, 14 und 15 vom PB 3 die Ergebnisse unterschiedlicher Sensorsysteme (Digitalkamera, FieldSpec, N-Sensor, Crop-Meter, AVIS) hinsichtlich ihrer Austauschbarkeit bzw. inhaltlicher Ergänzung verglichen.

Die eingesetzten Sensortechnologien liefern relevante Daten zur Bestandescharakterisierung in unterschiedlichen räumlichen und zeitlichen Skalen und fließen in die Erstellung geeigneter Entscheidungssysteme (z.B. prozess-orientierte Modelle) ein. Generell erfahren die Ansätze der empirischen Studien und der sensorgestützten Erfassung von Bestandesmerkmalen durch die Kopplung mit geeigneten Prozessmodellen eine wesentliche inhaltliche Vertiefung und Verknüpfung hinsichtlich der wirksamen Nutzung für die Bereitstellung von Standort- und Bestandescharakterisierungen, sowie der möglichen Ausarbeitung von Managementempfehlungen.

6.1.4 Ergebnisse im Jahr 2005 und ihre Diskussion

Die Ergebnisse der Teilprojekte werden im Detail an den entsprechenden Stellen (Kapitel 6.2 - 6.6) erläutert und ausgeführt. An dieser Stelle werden daher nur exemplarisch einige Ergebnisse, die für den gesamten Projektbereich bzw. übergreifend für das Verbundprojekt von entscheidender Relevanz sind, herausgegriffen. Inhaltlich konzentriert sich der Projektbereich 4 vor allem auf die Analyse der Faktoren Düngung und Fungizideinsatz zur genaueren operativ ausgerichteten Analyse der Bestandessituation und der Erarbeitung von Konzepten für das teilflächenspezifische Dünge- und Pflanzenschutzmanagement.

Die Pflanzenbestände werden in ihrer Entwicklung durch Wechselwirkungen von Standort und pflanzenbaulichen Maßnahmen beeinflusst. Dies kann theoretisch zu einer großen, aber endlichen Vielfalt an Varianten der Beeinflussung von Bestandesentwicklungen führen. In den Teilprojekten 9 und 11 werden deshalb die Ergebnisse der methodischen und der analysierenden Arbeiten von *pre agro*, die auf Informationsbeschaffung am Standort und am Bestand ausgerichtet sind, zusammengefasst und mit pflanzenbaulichen Managementkonzepten vernetzt. Hierzu wurden in 2005 mit den Methoden der Standortcharakterisierung Zonen in den Projektschlägen identifiziert, die einheitlich hinsichtlich der ertragsbildenden Prozesse wirken. Darauf aufbauend wurden erste regions-, standorttyp- und teilflächenspezifische Produktionsfunktionen für die Auswahl von Produktionsmitteln bzw. deren mengen- und termingerechten Einsatz entwickelt, die von anderen Teilprojekten auch aus den weiteren Projektbereichen von *pre agro* genutzt werden können. Das Teilprojekt 11 („On-Farm Research“) hat in 2005 erste Grundlagen erarbeitet, mit denen diese Produktionsfunktionen durch Experimente im Betrieb selbst oder durch Nutzung von regional verfügbaren Daten erarbeitet werden können. Die einzelnen Arbeitsschritte zur Versuchsmethodik wurden überarbeitet, so dass ein System entwickelt werden konnte, welches den Anforderungen an

On-Farm Experimente gerecht wird. Darüber hinaus wurden erste Parameter für das geplante Entscheidungsunterstützungssystem zur ortsdifferenzierten Bestandesführung erarbeitet.

Aus den Fungizidversuchen der Teilprojekte 9 und 11 ergab sich, dass auf Grund der geringen Stärke des Krankheitsbefalls im Jahr 2005 noch keine Aussage zu den pflanzenbaulich-ökonomischen Effekten einer flächendifferenzierten Fungizidbehandlung möglich ist. Feldversuche des Teilprojektes 10 zeigten, dass eine Reduzierung der Aufwandmenge bis auf 50 % in der ertragsschwächsten Zone in Abhängigkeit der vorhandenen Bestandesdichte erfolgen kann. Diese Ergebnisse verdeutlichen die Relevanz online-gestützter Systeme für den teilflächenspezifischen Pflanzenschutz, einschließlich der Kopplung dieser Systeme mit entsprechenden Prognosemodellen bzw. der Entscheidungsunterstützung durch prozessorientierte Pflanzenwachstumsmodelle. Der Systemkopplung wird in den Teilprojekten 10 und 12 in ergänzender Herangehensweise Rechnung getragen. Grundlage hierfür ist die Erarbeitung eines Sensorikverfahrens (TP 12), welches in der Lage ist, unterschiedliche Krankheitserreger zu erkennen und darauf aufbauend Handlungsdirektiven für den teilflächenspezifischen Einsatz von Fungiziden abzuleiten. Erste Ergebnisse aus den Versuchen zur Kalibrierung einer Nahsensorik unter definierten Bedingungen, deuten darauf hin, dass Wellenlängenbereiche identifiziert werden können, in denen sich die Reflexion von Weizenpflanzen unter dem Befall von Pflanzenkrankheiten verändert. Durch weitere Untersuchungen in 2006 sollen die ermittelten Wellenlängenbereiche abgesichert und in praxisreifen Sensorsystemen (z.B. N-Sensor) im Feld getestet werden. In der Vegetationsperiode 2006 soll zusätzlich die Übertragbarkeit der Kalibrierungen aus den Nahsensorikmessungen auf Fernerkundungssysteme (z.B. AVIS) überprüft werden. Durch den Einsatz unterschiedlicher Sensorsysteme (Digitalkamera, FieldSpec, N-Sensor, AVIS) kann damit die Möglichkeit der Erfassung von Pflanzenkrankheiten auf unterschiedlichen räumlichen Skalenniveaus überprüft werden. In Zusammenarbeit mit Teilprojekt 10 wurde das Auftreten einzelner Krankheitserreger in Abhängigkeit der heterogenen Standortbedingungen untersucht. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass der Krankheitsdruck an den Erhebungspunkten zu niedrig war, um eine vollständige Validierung der im TP 12 untersuchten Nahsensorikverfahren sicherzustellen. Aufgrund des geringen Befalls (<15 % befallener Blattfläche, siehe Kapitel 6.5 TP 10) der Bestände konnten nicht alle Teilaspekte in den erwünschten Umfängen bearbeitet werden (Kapitel 6.4 TP 12) und bedürfen weiterer ausführlicher Felduntersuchungen in 2006. Um eine Testung der Nahsensorikverfahren zur Krankheitserkennung in den Feldversuchen des Teilprojektes 12 im Jahr 2006 zu gewährleisten, wird eine verstärkte künstliche Inokulation mit den entsprechenden Erregern angestrebt. Das pflanzenwachstumsbezogene Modell APOLLO soll zusätzlich an die aktuellen Sensorikmessungen gekoppelt werden und die erhobenen Befallsdaten als relevante Eingangs- und damit Entscheidungsgrößen verwenden. In die Entscheidungsfindung soll zudem eine teilflächenspezifische, ökonomische Analyse (Ertragsausfall versus Fungizideinsatz) zusammen mit TP 3 einbezogen werden.

In den Feldversuchen des Teilprojektes 10 wurde geprüft, inwieweit die im Prototyp proPlant „expert.precise“ gewählten Eingangsparameter für eine Fungizidmengenempfehlung geeignet sind. Dabei wurden zeitliche Seneszenzunterschiede bis zu vier Wochen in Abhängigkeit der Bestandesdichte festgestellt. Der Parameter „Abreife (Seneszenz)“ soll als zusätzliches Kriterium neben Witterungsdaten, historischen und aktuellen Informationen (z.B. Vorfrucht, Ertragserswartung) bei der Fungizidmengenbemessung im Prototyp implementiert werden.

Die Ergebnisse der Bestandescharakterisierung von PB 3 und PB 4 sowie die Analyse der Bestandesführung sind Eingangsgrößen für die in Teilprojekt 4 zu erarbeitenden Naturschutzindikatoren, da eine schlaginterne Heterogenität nicht nur unmittelbare Auswirkungen auf die landwirtschaftliche Produktionseignung, sondern auch auf ihre Lebensraumeignung für

wildlebende Pflanzen und Tiere hat. Um die entstehenden Wirkungen zu analysieren, werden im Teilprojekt 4 Methoden eingesetzt, bei denen die Lebensraumeignung eines größeren Landschaftsausschnittes als inhaltliche Basis dient. Auf Grund des jeweiligen Vorhandenseins dieser Standorte sowie des Fehlens oder des Vorhandenseins der betrachteten Ackerwildkrautarten werden Regeln für die Notwendigkeit einer teilflächenspezifischen Bewirtschaftung von Ackerschlägen abgeleitet. Erste Ansätze hierzu wurden in 2005 in den Projektschlägen realisiert und deuten darauf hin, dass das nachgewiesene Artenspektrum auf einen mehr oder minder einheitlichen Standort mit mittlerer Lebensraumgüte hindeutet. Anspruchsvollere Arten des Offenlandes finden offensichtlich keinen Lebensraum (siehe Kapitel 6.6). Durch Vergleich dieser Vorgaben mit der aktuellen Besiedlung einzelner Tier- und Pflanzenarten werden raumbezogene Defizite herausgearbeitet. Diese Defizite dienen als Grundlage für die Identifikation von potenziellen Maßnahmen des Precision Farming und der Erstellung von Managementkonzepten unter Berücksichtigung von Naturschutzaspekten.

6.1.5 Soll-Ist-Vergleich mit den im Projektantrag angestrebten Ergebnissen bzw. vorgesehenen Meilensteinen

Im Überblick des Jahres 2005 konnten in den einzelnen Teilprojekten entsprechend den Meilensteinkonzepten planungsgemäß die ersten Grundprinzipien hinsichtlich der Erarbeitung teilflächenspezifischer Fungizid- bzw. Dünge- und Produktionsfunktionen erzielt werden. Darüber hinaus wurden auf den zwei Projektbetrieben auf mehreren Flächen im Herbst 2005 erneut Feldversuche angelegt, um in 2006 die Grundlagen und relevanten Umsetzungskonzepte für einen teilflächenspezifischen Pflanzenschutz bzw. teilflächenspezifische Düngeapplikation in die Praxis zu erarbeiten, zu vertiefen und relevante Eingangsparameter für die erforderlichen Sensortechnologien sowie Modelle und Entscheidungssysteme zu definieren. Aus den Aufstellungen und Beschreibungen der einzelnen Teilprojekte (siehe Kapitel 6.2 - 6.6) wird ersichtlich, dass bis jetzt alle wesentlichen und relevanten Meilensteine in der geplanten Zeit erfüllt worden sind.

Allerdings konnten aufgrund von technischen Schwierigkeiten auf den beiden Praxisbetrieben im Jahr 2005 nicht immer alle geplanten Feldversuche erfolgreich abgeschlossen werden. Durch eine bessere Versuchsplanung, Koordination der Feldarbeiten und Abstimmung der Versuchsplanungen mit den Projektbetrieben in 2006, die bereits zur Planung der Feldversuche im August/ September begonnen hat, soll hier Abhilfe geschaffen und eine Verbesserung erzielt werden. Die angedachten Feldversuche zu der Kulturart Zuckerrüben wurden nicht durchgeführt, da pflanzenbauliche Maßnahmen der Bestandesführung seitens der Zuckerindustrie vorgegeben sind und die verbleibenden Spielräume für den Einsatz von Precision Farming Technologien als zu gering erschienen.

In allen Teilprojekten zeigte sich, dass zur weiteren Absicherung der bislang erzielten Ergebnisse die Versuche im gleichen Maßstab fortgeführt und gegebenenfalls neue Versuchsreihen angelegt werden müssen, um gezielt einzelnen spezifischen Fragestellungen nachgehen zu können.

6.1.6 Geplante nächste Arbeitsschritte

In allen Teilprojekten werden die Ergebnisse und Erkenntnisse aus den bisherigen Untersuchungen in die Versuchsplanung 2006 einbezogen. Der Versuchsaufbau der Feldversuche wird entsprechend den gegebenen spezifischen Fragestellungen angepasst und wo nötig im Vergleich zu 2005 modifiziert.

Eine Ausdehnung insbesondere der On-Farm Experimente auf weitere Kulturarten, z.B. Körnermais, ist geplant. Ab April 2006 erfolgen in den einzelnen Teilprojekten die entsprechenden Felduntersuchungen auf den Projektschlägen der beiden Projektbetriebe in Wulfen und Groß-Twülpstedt gemeinsam mit den Teilprojekten von PB 3. Auch hierbei fließen in die Planungen der Messtermine und der zu erfassenden Messparameter die Erkenntnisse aus dem Versuchsjahr 2005 ein und werden entsprechend angepasst. Die Auswertung der bisher erhobenen Daten aus 2005 wird fortgeführt und über die in 2006 erhobenen Daten vervollständigt. Die einzelnen Detailplanungen und Arbeitsschritte sind hierzu in den Kapiteln der jeweiligen Teilprojekte aufgelistet (siehe Kapitel 6.2 - 6.6).

Arbeiten zur Entwicklung und Programmierung des Prototyps proPlant „expert.precise“ (TP 10) und des Modells „APOLLO“ (TP 12) werden planmäßig fortgeführt, so dass spätestens im Jahr 2007 eine Testung und Validierung für die praxisnahe Anwendung angestrebt werden kann.

6.1.7 Erkenntnisse aus den Arbeiten des Jahres 2005 für das Anliegen des Projektbereiches bzw. aus Sicht des Gesamtprojektes

Alle Teilprojekte im Projektbereich 4 richten ihre wissenschaftliche Aufmerksamkeit auf die variablen Eigenschaften der Standorte bzw. der Bestände und auf die teilflächenspezifische Bewirtschaftung. Die Erkenntnisse aus 2005 zeigten, dass eine umfangreiche Methodenentwicklung und Erprobung zur Charakterisierung von Standortvariablen und Bestandeszuständen in den Praxisschlägen erfolgen muss. Das erarbeitete Versuchsdesign und die gewonnenen Daten zur Bestandescharakterisierung konnten von mehreren Teilprojekten des Projektbereichs 4 genutzt und integrative Ergebnisse erzielt werden. Darüber hinaus zeigten die Ergebnisse aus dem Jahr 2005, dass die Versuchsmethodik On-Farm-Research für die Überprüfung von Precision Farming Methoden im Pflanzenbau geeignet ist. Für den Projektbereich 4 bedeutet dies, dass das Teilprojekt 11 unterstützend bei der Versuchsanlage, Versuchsdurchführung und Auswertung mitwirken kann und die erzielten Ergebnisse anderen Teilprojekten als Grundlage dienen, um diese betriebswirtschaftlich und volkswirtschaftlich zu bewerten. Weiterhin zeigten die Ergebnisse der Feldversuche, dass ein großes Optimierungspotenzial auf den Schlägen hinsichtlich der Fungizidstrategie besteht und die Ergebnisse bezüglich ökonomischer Fragestellungen in Analysen zum Gesamtkonzept „Precision Farming“ einbezogen werden müssen. Über den Projektbereich 4 hinaus können die Daten der Bestandescharakterisierung und Bestandesführung daher zur ökonomischen Bewertung der Verfahren des Precision Farming genutzt werden.

Für das Gesamtprojekt zeigten die Ergebnisse des Projektbereichs weiterhin, dass der aktuelle Zustand eines Bestandes die weitere Entwicklung determiniert. Eine hinreichende Charakterisierung der Bestandeszustände kann geeignete Maßnahmen ermöglichen, um die Entwicklung der Bestände in gewünschte, definierte Richtung voranzutreiben (z.B. bei Krankheitsbefall durch Pilze etc.). Informationen über den aktuellen Zustand der Pflanzenbestände ermöglichen es, die Wirkung der pflanzenbaulichen Maßnahmen hinsichtlich ihres Zielerreichungsgrades zu analysieren, in prozessorientierte Pflanzenwachstumsmodelle zu integrieren, und darauf aufbauend diese bei der weiteren Entscheidungsfindung einzubeziehen. Diese Informationen sind daher entscheidende Grundlagen für die Entwicklung eines Gesamtkonzeptes zur Informationsgeleiteten Pflanzenproduktion.

6.1.8 Zitierte Literatur/Quellen

SÖRENSEN, C.G., FOUNTAS, S., PEDERSEN, H.H., BLACKMORE, S. (2002): Information Sources and Decision Making on Precision Farming. Proceedings of the 6th International Conference on Precision Agriculture and Other Precision Resources Management. 14.-17.07.2002, Minneapolis, Minnesota; USA.

Anschrift der Autoren:

Dr. Simone Graeff-Hönninger
Universität Hohenheim
Institut für Pflanzenbau (340)
Fruwirthstraße 23
70593 Stuttgart
Telefon: 0711/4592376
Telefax: 0711/4594344
E-Mail: graeff@uni-hohenheim.de

Dr. Gert Berger
Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e. V.
Institut für Landnutzungssysteme und Landschaftsökologie
Eberswalder Straße 84
15374 Müncheberg
Telefon: 033432/82328
Telefax: 033432/82387
E-Mail: gberger@zalf.de

Dr. Armin Werner
Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e. V.
Institut für Landnutzungssysteme und Landschaftsökologie
Eberswalder Straße 84
15374 Müncheberg
Telefon: 033432/82310
Telefax: 033432/82387
E-Mail: awerner@zalf.de

Dipl. Ing. Peer Leithold
Agri Con Precision Farming Company
Im Wiesengrund 4
04749 Jahna
Telefon: 034324/52430
Telefax: 034324/52440
E-Mail: peer.leithold@agricon.de

Dr. agr. Karl-Heinz Dammer
Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e. V.
Abteilung Technik im Pflanzenbau
Max-Eyth-Allee 100
14469 Potsdam-Bornim
Telefon: 0331/5699418
Telefax: 0331/5699849
E-Mail: kdammer@atb-potsdam.de