

1 Einleitung und Übersicht

1.1 Flächenbezug der landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion

Viele Schläge der deutschen Landwirtschaft weisen boden- und reliefbedingt mehr oder weniger starke kleinräumige Unterschiede auf. Diese sowie bewirtschaftungsbedingte Einflüsse führen zu heterogen aufgebauten Pflanzenbeständen auf den Schlägen. Die bisher praxisübliche Bewirtschaftung kann diese Unterschiedlichkeit nicht berücksichtigen. Der Landwirt stimmt seine Maßnahmen (Bodenbearbeitung, Bestandesbegründung, Düngung, Pflanzenschutz etc.) auf eine durchschnittliche Standortqualität des Schlages ab. Die standörtlichen bzw. bestandesbedingten Unterschiede innerhalb des Schlages bleiben also unberücksichtigt. Aus Sicht der Ertragspotenziale von qualitativ hochwertigen Schlagbereichen werden diese hierdurch benachteiligt, ihr Potenzial wird nicht ausgeschöpft. Bereiche ('Standorte') des Schlages mit geringeren Qualitäten werden dagegen z. B. bei Nährstoffapplikationen überversorgt. Hieraus resultieren mindestens ökonomische Verluste. Zudem können aus dieser Unausgewogenheit auch Umweltprobleme entstehen.

Die betriebsorganisatorischen und ökonomischen Zwänge zu großen Schlägen erlauben nur in geringem Maße, durch geschickte Teilung der Schläge, Teilschläge mit annähernd gleichwertigen Standortverhältnissen auszuweisen. Des weiteren sind in einigen Regionen (Moränenlandschaften, Auenstandorte, Mittelgebirgslagen) häufig auch auf kurzen Distanzen erhebliche Unterschiede in den Standortqualitäten zu verzeichnen. Eine Ausweisung von einheitlichen Teilschlägen mit regelmäßigen geometrischen Grundrissen scheidet aus. Derartige Regionen haben in Deutschland einen hohen Flächenanteil an der landwirtschaftlichen Nutzfläche.

1.2 Notwendigkeit für die Arbeiten des Verbundprojektes pre agro

Auf dem Gebiet der ortsspezifischen Bewirtschaftung (Synonyme: Teilflächenspezifische Landnutzung, Kleinräumige Boden- und Bestandesführung, Lokales Ressourcenmanagement, site specific farming, precision agriculture etc.) gibt es bereits einzelne, z. T. umfangreiche Angebote der Landmaschinenindustrie, die technisch eine räumlich differenzierte, an die örtlichen Potenziale orientierte Bewirtschaftung von Äckern und Grünland erlauben sollen. Es fehlen aber sehr weitgehend die Prinzipien und Regeln, mit denen eine gezielte Steuerung dieser Techniken aus pflanzenbaulicher, ökonomischer und ökologischer Sicht erfolgen soll.

Gleichzeitig besteht in zunehmendem Maße der Bedarf, in der pflanzenbaulichen Produktion auch Ziele des Umwelt- und Naturschutzes zu berücksichtigen. Auch hierzu sind die pflanzenbaulichen Produktionssysteme bzw. deren Einzelmaßnahmen in geeigneter Weise weiterzuentwickeln.

Um die Unterschiedlichkeit der Standortqualitäten eines Schlages (Heterogenität) bzw. die lokalen umwelt- und naturschutzfachlichen Ziele sachgerecht in der Pflanzenproduktion berücksich-

tigen zu können, sind mehrere methodische Schritte und technologische Voraussetzungen zu schaffen:

1. Identifizieren und Beschreiben der Unterschiedlichkeit der Standortqualitäten bzw. Bestandeszustände,
2. Ableiten der unterschiedlichen Standortpotenziale und Sensibilitäten sowie ihre räumliche Ausgrenzung,
3. Verfügbarkeit von Regeln oder Algorithmen zur Unterstützung der Entscheidungsfindung über die pflanzenbaulich-ökonomisch sowie ökologisch sachgerechte Ausgestaltung (Art, Quantität und Qualität) von pflanzenbaulichen Maßnahmen auf den ausgegrenzten Standorten bzw. Teilflächen im Schlag,
4. rationelle Verwaltung der erheblichen Mengen an Daten und Informationen im Betrieb (bzw. überbetrieblich) bei Berücksichtigung von örtlich variierenden Potenzialen, Zielen, Maßnahmen und Erträgen,
5. Auswertung der örtlich differenzierten Bewirtschaftung auf die Organisation und Wirtschaftlichkeit im Gesamtbetrieb sowie Ableitung von strategischen Entscheidungen,
6. Auswertung der örtlich differenzierten Bewirtschaftung auf die Effekte zu den angestrebten Umwelt- und Naturschutzziele, ggf. Anpassung der Maßnahmen oder Strategien.

Ziel muss es deshalb sein, ein System von abgestimmten und vernetzten Methoden und Techniken zu entwickeln, mit dem eine ortsspezifische Bewirtschaftung komplex als Technologie für die landwirtschaftliche Praxis verfügbar gemacht werden kann und hierzu die Entscheidungsfindung in der Pflanzenproduktion unterstützt. Die mit Hilfe eines solchen Managementsystems realisierbare pflanzenbauliche Bewirtschaftung der landwirtschaftlichen Flächen muss inhaltlich und organisatorisch fundiert sein und mindestens der 'Guten fachlichen Praxis' bzw. dem Konzept des Integrierten Landbaus entsprechen. Durch die Einführung einer solchen orts- bzw. teilflächenspezifischen Bewirtschaftung (im Weiteren: *precision agriculture*) entsteht eine innovative Produktions- und Umwelttechnologie in der Landwirtschaft.

1.3 Forschungsverbundprojekt pre agro

Seit dem Frühsommer 1998 haben sich schrittweise immer mehr Fachwissenschaftler, Forschungsinstitutionen und Firmen zusammengefunden, die an der Thematik eines Managementsystems für *precision agriculture* interessiert sind. Aus den dabei entstandenen Diskussionen ergab sich, dass ein umfangreicher Pool an Methoden und Wissen für eine praxismgerechte Entwicklung und Umsetzung des Managementsystems verfügbar ist. Mit einer Vorstudie wurde im Sommer 1998 durch diese Beteiligten die inhaltliche Grundkonzeption und die Struktur eines interdisziplinären Verbundprojektes erarbeitet, das die Entwicklung und Praxiserprobung des Managementsystems verfolgen soll. Im November 1998 wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (Bonn) einem dementsprechenden Antrag auf finanzielle Förderung des Verbundprojektes großzügig entsprochen. Seit Anfang des Jahres 1999 arbeitet dieser deutschlandweite Forschungs- und Entwicklungsverbund pre agro.

Ziel des Verbundprojektes ist es, ein in der landwirtschaftlichen Praxis anwendbares, umfassendes Informationssystem zu erarbeiten, das eine Anwendung des ortsspezifischen Pflanzenbaus fördert, die schon verfügbare Techniken zur ortsspezifischen Bewirtschaftung weiterentwickelt und ihren Einsatz in den landwirtschaftlichen Betrieben unterstützt. Zudem werden die ökonomischen Effekte für die Betriebe sowie die ökologischen Wirkungen dieser Technik untersucht. Das angestrebte Projektergebnis ist deshalb nur als ein integratives, interdisziplinäres Verbundprojekt unter Einbeziehung der Landtechnikindustrie, der landwirtschaftlichen Praxis und der Forschung erreichbar. Dabei arbeitet das Verbundprojekt konsequent in enger thematischer Verzahnung auf mehreren fachlichen Ebenen.

1.4 Entwicklung von Technikfolgenabschätzungen mit pre agro

Neben der Forderung zur Entwicklung von innovativen und effektiven Produktionstechniken, ist es ein legitimer Anspruch der Gesellschaft sowie der Landwirte, die möglichen Folgen einer neuen Technik für Betrieb, Umwelt und die landwirtschaftliche Produktion schon im Vorfeld einer breiten Praxiseinführung zu kennen. Nur so können unerwünschte Effekte möglichst vermieden oder gewünschte Wirkungen verstärkt entwickelt werden.

Die von pre agro zu erarbeitenden Konzepte und Methoden zur Abschätzung der ökologischen, der betriebsorganisatorischen und der ökonomischen Wirkungen stellen ein praktisches Beispiel für eine solche prospektive Technikfolgenabschätzung dar. Die damit zur Verfügung stehenden Ansätze dürften zukünftig auch für andere Technikfolgenabschätzungen in der Pflanzenproduktion eingesetzt bzw. adaptiert werden können.

1.5 Projektentwicklung

Die erste Hälfte des abgelaufenen Projektjahres war stark geprägt seitens der abschließenden Festlegungen zu den landwirtschaftlichen Betrieben als Projektpartner, die technischen Vorbereitungen zur Maßnahmengestaltung, die Auswahl der geeigneten Ackerschläge sowie der Festlegung des Forschungsdesigns für die experimentellen Arbeiten des Verbundes und die praktischen Geländearbeiten. Ergänzt wurde dies durch die ersten Schritte in der Beschaffung und Analyse der Standortdaten zu den Projektschlägen sowie den allgemeinen Aufbau des Gesamtverbundes und seiner Teilprojekte.

In der zweiten Hälfte des abgelaufenen Jahres konnte nach einer konzertierten Aktion die ersten ortsdifferenzierten Maßnahmen auf allen 'Pflichtschlägen' des Projektes, die teilflächenspezifische Aussaat von Wintergetreide, durchgeführt werden. Im zeitigen Frühjahr des Jahres 2000 erfolgte zudem die erste Stickstoffdüngung (N1) zu Winterweizen auf diesen Schlägen.

Das Projekt arbeitet in acht Regionen von Deutschland mit zurzeit 16 landwirtschaftlichen Betrieben sowie zwei Lohnunternehmen und einem Maschinenring zusammen. Die wissenschaftli-

chen und technischen Arbeiten für die Entwicklung des angestrebten Managementsystems werden von 17 Projektpartnern aus Einrichtungen der Universitäten, der außeruniversitären Forschung, der Software- und Landtechnikindustrie sowie von gewerblichen Dienstleistern in 22 fachlichen Teilprojekten durchgeführt. Für die Anwendung der pflanzenbaulichen Maßnahmen des Projektes haben die Betriebe etwa 100 Schläge zur Verfügung gestellt.

Für alle diese Schläge wurden umfangreiche Analysen vorhandener Daten bzw. eigene Erhebungen zur Charakterisierung der Standorte bzw. Pflanzenbestände durchgeführt. Darauf aufbauend wurden und werden gezielt experimentelle Arbeiten zur ortsdifferenzierten Bewirtschaftung durchgeführt. Die systematische Vorgehensweise bei Anlage und Durchführung dieser Praxisansätze erlaubt eine komplexe und fachlich sehr breite Analyse der Wirkungen und Gestaltungsnotwendigkeiten von precision agriculture, aber auch die Entwicklung geeigneter neuer Methoden für die Planung und Durchführung von Maßnahmen in der ortsspezifischen Pflanzenproduktion. Zudem bietet die große Varianz an Standorten und Betriebsformen eine sehr gute Plattform, um unter bekannten Standort- und Rahmenbedingungen die Technik von precision agriculture weiterzuentwickeln und zu erproben.

So erfolgte erstmalig in precision agriculture im Herbst 1999 auf insgesamt ca. 500 ha die erwähnte differenzierte Aussaat von Weizen nach einem einheitlichen Konzept und auf unterschiedlichen Standorten bzw. in erheblich unterschiedlichen Betriebsstrukturen.

2 Analyse der aktuellen Anforderungen zu precision agriculture aus der Praxis

Befragt man landwirtschaftliche Praktiker, warum sie sich für precision agriculture entschieden haben bzw. warum sie sich dafür interessieren, so werden ökonomische, teilweise auch ökologische Vorteile, gekoppelt mit verbessertem Ansehen in der Bevölkerung als Gründe angeführt. Die organisatorischen Anforderungen an das Verfahren precision agriculture sind aber wesentlich differenzierter und lassen sich in vier Themenkomplexe gliedern:

- Maßnahmengestaltung
- Datenbereitstellung
- Leistungsanforderungen an die Technik
- Softwaregestaltung.

Durch vielfältige Kontakte mit den pre agro-Betrieben, aber auch mit verschiedenen anderen landwirtschaftlichen Betrieben, z. B. bei Vorträgen oder Veranstaltungen, konnten im Rahmen des Projektes einige wesentliche Anforderungen von Seiten der Betriebe an die precision agriculture-Technologie aufgenommen und analysiert werden. Diese Erfahrungen dienen als Hinweise für die Ausgestaltung der Projekt-Anwendungen, aber auch bei der Planung der zu entwickelnden Software. Ferner soll der von Seiten der Landwirtschaft formulierte Anspruch an Software und Technik auch an die Landtechnikindustrie weitergeleitet werden, damit den Anforderungen entsprechende Veränderungen bzw. Verbesserungen an den technischen Komponenten durchgeführt werden können. Die Umsetzung der Anforderungen kann die allgemeine Akzeptanz des Verfahrens precision agriculture steigern und somit zu einer verbesserten Breitereinführung beitragen.

Deutlich wird bei allen diesen Kontakten und Diskussionen, dass dringend eine systematische Analyse zur Akzeptanz dieser neuen und sehr komplexen Technologie erforderlich ist (s. a. Kap. 8) Diese Untersuchung muss die Hemmnisse in der Technikeinführung und -anwendung analysieren. Dabei sind die Ebenen des landwirtschaftlichen Unternehmers, desjenigen, der die pflanzenbauliche Produktion plant und kontrolliert, sowie des Schlepperfahrers, der die Anwendung der Maßnahmengestaltung umsetzt und die Technik bedient, zu betrachten. Die folgenden Ausführungen können dazu nur als erste Hinweise dienen.

2.1 Maßnahmengestaltung

Die Anforderungen hinsichtlich der Maßnahmengestaltung mit precision agriculture dürfen sich aus Sicht der Landwirte hinsichtlich der Flexibilität, der Nutzbarkeit und der Nachvollziehbarkeit nicht von den derzeitigen praxisüblichen Verfahren unterscheiden.

Die Abhängigkeit pflanzenbaulicher Maßnahmen von der aktuellen Witterung so z. B. die Befahrbarkeit der Schläge, aber auch die stetige Entwicklung des Pflanzenbestandes, erfordern, dass die Planungen und technischen Vorbereitungen des Verfahrens precision agriculture zeitlich

flexibel und schnell umsetzbar sind. So wird gefordert, dass das Verfahren precision agriculture die in der Landwirtschaft notwendige zeitliche Flexibilität zulässt, damit sowohl günstige Witterungsperioden genutzt, als auch die aktuelle Bestandessituation berücksichtigt werden kann (*"Ich möchte heute entscheiden, dass ich morgen früh dünge."*). Eine zeitliche Einschränkung in der Nutzbarkeit der Systeme (Vorlaufzeiten) oder gar eine außergewöhnliche Zusatzbelastung kann nicht hingenommen werden. Für die Einarbeitungszeit wird dabei eine höhere zeitliche Belastung durchaus akzeptiert; dies erfolgt vor allem in der Hoffnung, dass sich durch die Einführung des Systems Vorteile für den Betrieb einstellen. So erhoffen sich die Betriebsleiter von der precision agriculture-Technik wohl insgeheim, dass die notwendige Kontrolle der Mitarbeiter bei der Maßnahmenumsetzung reduziert werden kann (*"Man gibt dem Schlepperfahrer die fertige Chipkarte und die eigentliche Steuerung übernimmt dann der Rechner. Der Fahrer muss also nur noch geradeaus fahren können."*). Dies reduziert zum einen die zeitliche Belastung, andererseits erhöht es die Arbeitsqualität.

Die Techniksysteme von precision agriculture bzw. das gesamte Verfahren müssen hohe Zuverlässigkeit und einheitliche Einsetzbarkeit im ganzen Betrieb garantieren. Eine Einschränkung der Nutzbarkeit auf einzelnen Schlägen oder gar Bereichen innerhalb eines Schlages bewirkt zu viele organisatorische Erschwernisse. Zudem kämen dann dort die Vorteile von precision agriculture nicht voll zum tragen (*"Was nutzt mir die Technik, wenn ich am Waldrand immer mal wieder kein GPS-Signal habe?"*).

Als weiteres wichtiges Kriterium, hinsichtlich dessen precision agriculture-Technik bewertet wird, ist die Wahl der Betriebsmittel. Die meisten landwirtschaftlichen Betriebe haben sich bei der Wahl ihrer Betriebsmittel weitgehend festgelegt oder reagieren spontan auf Preisveränderungen. Daher darf es auch hier von Seiten des Verfahrens precision agriculture keine Vorgaben geben, sondern das Verfahren muss hinsichtlich der Betriebsmittelwahl flexibel handhabbar sein (*"Kann ich die differenzierte Düngung auch mit AHL machen?"*).

Eine Vielzahl an precision agriculture-Anwendungen in der Praxis beschränkt sich derzeit auf eine differenzierte Applikation von Grunddünger und auf die differenzierte Stickstoffgabe. Dies liegt vor allem darin begründet, dass sich für diese beiden Verfahren die Entscheidungsregeln scheinbar leicht ableiten lassen. Bei der differenzierten Düngung sind dies vor allem die Grunddüngung und die Kalkung. Besonderes Potenzial sehen die Betriebe aber in einem differenzierten Einsatz von Pflanzenschutzmitteln im allgemeinen Sinne, da diese Maßnahmen einen hohen Anteil an den Produktionskosten verursachen. Auch hier sind die Anwender bereit, eine schrittweise Einführung der Technik hinzunehmen. Als Fernziel wünschen sich die Betriebsleiter aber in der Regel ein System, das die Berücksichtigung aller pflanzenbaulichen Maßnahmen erlaubt. Dabei ist es den Landwirten wichtig, dass die Maßnahmen aufeinander aufbauen und nicht getrennt voneinander betrachtet werden.

Die Maßnahmengestaltung unter Zuhilfenahme eines Managementsystems sollte für den Landwirt nachvollziehbar und beeinflussbar sein (*"Ich möchte da nicht irgendwas vorgesetzt bekom-*

men.“). Dies bedeutet für die Ausgestaltung der Regeln und Algorithmen in der Maßnahmenplanung, dass sie nicht zu kompliziert sind und somit, eventuell durch eine entsprechende Dokumentation, für den Anwender stets nachvollziehbar bleiben. Dies ist auch eine Anforderung, die bei der Ausgestaltung der Software berücksichtigt werden muss (s. Kap. 2.4), um die Akzeptanz eines solchen Produktes zu verbessern.

2.2 Datenbereitstellung

Die Behebung der derzeitigen Unsicherheit, welche Daten für eine örtlich differenzierte Maßnahmengestaltung im Pflanzenbau herangezogen werden sollen, stellt die wichtigste Forderung bei den Landwirten dar. Die Landwirte wollen eine klare Aussage dazu haben, welche Daten benötigt werden. Dabei scheinen sie keine eindeutige Präferenz für eine bestimmte Datengrundlage oder das Erhebungsverfahren zu haben. Im Wesentlichen sind sie an einer eindeutigen Aussage und damit hohen Belastbarkeit der Informationen interessiert. Neben der Aussage, welche Daten benötigt werden, muss eine Darlegung zu den Zeiträumen der Nutzbarkeit und zu den Kosten der jeweiligen Datenbereitstellung geliefert werden. Dies ist vor allem hinsichtlich einer Kosten-Nutzen-Analyse bei den umfassenden Investitionsentscheidungen zur Technikeinführung dringend erforderlich. Daten mit einer langfristigen Aussagekraft werden dabei tendenziell bevorzugt. Hierzu zählen vor allem Bodenkarten oder auch abgeleitete Ertragspotenzialkarten. Die langfristige Nutzbarkeit reduziert zudem den Aufwand, in regelmäßig wiederkehrenden Zeitabschnitten neue "Entscheidungsgrundlagen" organisieren zu müssen.

Hinsichtlich des Arbeitsaufwandes lassen sich von Seiten der Landwirtschaft zwei weitere Forderungen an die Daten bzw. deren Bereitstellung formulieren. Das Organisieren der Daten muss auf einem einfachen Weg erfolgen. Am einfachsten geht dies mit Daten, die standardmäßig (dabei eventuell sogar flächendeckend) von öffentlichen oder privaten Dienstleistern erhoben werden und auf Anforderung der Landwirte zur Verfügung gestellt werden können. Zusätzlich sind diese Daten am besten bereits soweit aufbereitet, dass sie sich für die bei precision agriculture verwendeten Softwareprogramme direkt nutzen lassen. Das bedeutet für einige Daten, wie z. B. Fernerkundungsdaten, dass sie bereits als interpretierte, ausgewertete Informationen zur Verfügung stehen müssen.

Um Kosten sparen zu können, sind die Betriebe oftmals bereit, Daten auch selbst zu erheben. Dies kann jedoch nur dann erfolgen, solange die Anforderungen an die Erhebungskennnisse und die benötigten Instrumente nicht zu hoch sind. Zudem sollten die Daten in Zeiten erhoben werden können, in denen der Arbeitsanfall im Betrieb geringer ist (Winter).

2.3 Leistungsanforderungen an die Technik

Aufgrund der Praxiserfahrungen auf den Projektbetrieben ergeben sich aktuell folgende Leistungsanforderungen an die Technik, um eine breitere Einführung von precision agriculture zu ermöglichen und zu fördern:

- Beseitigung der wesentlichen Kompatibilitätsprobleme, sprich flächendeckende Umsetzung der Standardisierung der Schnittstellen, d. h. einhalten der LBS-DIN (DIN 9684) oder ISO-Norm. Der Anwender möchte seine Maschinen nach den Leistungsmerkmalen bzw. der Qualität der Geräte entsprechend seinen Bedürfnissen auswählen können, ohne Rücksicht auf Kompatibilitätsprobleme bei Elektronik oder Gerätekopplung nehmen zu müssen.
- Einfache Bedienung und Handhabung der Technik. Einheitliche Bedienelemente für verschiedene Maschinen auf einem Betrieb. Einfaches Umsetzen der mobilen Elektronikbausteine.
- Klare Angaben der Hersteller zu den Möglichkeiten der Technik; es gibt nach wie vor große Unsicherheiten bei den zukünftigen Anwendern.
- Zuverlässigkeit der Elektronik muss noch gesteigert werden.
- Zuverlässige nutzbare Referenzsignale (DGPS) flächendeckend und ohne Zusatzkosten.
- Austauschbarkeit der Elektronik garantieren, Updates, Nachfolgeversionen garantieren.
- Datenmanagement vereinfachen.
- Ertragskartierungssysteme für weitere Fruchtarten werden benötigt um das gesamte Fruchtartenspektrum der Betriebe abdecken zu können.
- Hohe Arbeitsqualität der Maschinen muss gewährleistet werden, nur präzise Maschinen können precision agriculture ausführen.

Insgesamt werden vor allem eine einfache Bedienung der Geräte, mit voller Kompatibilität der Geräte verschiedener Anbieter, und eine hohe Arbeitsqualität gefordert.

2.4 Softwaregestaltung

Aufgrund der Praxiserfahrungen auf den Projektbetrieben ergeben sich folgende Leistungsanforderungen an die Softwaregestaltung, um eine sinnvolle und hilfreiche Unterstützung für den Anwender zu erreichen:

- Die Informationen aus Ackerschlagdateien, Wetterstationen, Ertrags- und Applikationskarten (aus GIS-Programmen) müssen innerhalb eines Betriebes und zwischen den Produkten verschiedener Hersteller problemlos austauschbar sein.
- Die Bedienung der Software zur Erstellung von Applikationskarten, Ertragskartierungen und Schlagvermessungen muss einfach und leicht erlernbar sein.
- Zu den Sollwertkarten der differenzierten Applikation müssen als Kontrolle immer auch Ist-Werte der tatsächlich erfolgten Mengen- oder Maßnahmenvariation gespeichert werden.
- Es werden integrierte Softwarepakete für die Auswertung der teilflächenspezifischen Daten benötigt, um die erforderliche Ausbringung und somit die Erstellung von Applikationskarten für Düngemittel, Saatgut und Pflanzenschutzmittel zu ermöglichen.
- Die Auswertung der Daten muss vereinfacht und beschleunigt werden, das Datenmanagement muss in einer angemessenen Zeit durchführbar sein.

Zusammenfassend lassen sich die Anforderungen der Praxis an die Software formulieren: einheitliche Softwareformate, offene Module, integrierte Lösungen.

3 **Forschungskonzept von pre agro**

3.1 **Angestrebte Ergebnisse**

Entsprechend den eigenen Zielstellungen des Verbundprojektes (Kap. 1) sowie den Anforderungen aus der Praxis (Kap. 2) wird vom Forschungsverbund pre agro angestrebt, bis zum Ablauf der Bearbeitungszeit mindestens die wesentlichen technologischen Voraussetzungen geschaffen zu haben, die es ermöglichen, umfassende, von Landwirten und Dienstleistern nutzbare Informations- und Managementsysteme zu entwickeln. Basiselemente für solche Managementsysteme werden in zunehmendem Maße von der Landtechnikindustrie und von Softwarefirmen angeboten. Aber erst wenn eine inhaltliche Weiterentwicklung im Sinne des Verbundprojektes erfolgt, sind diese Systeme sinnvoll in der Pflanzenproduktion einsetzbar. Die Anwender dieser Systeme können damit erreichen, dass die Komplexität eines ortsspezifischen Pflanzenbaus auf Praxisanforderungen hin vereinfacht wird.

Es sollen folgende Ergebnisse zum Ende der Laufzeit des Verbundprojektes vorliegen:

1. Die pflanzenbaulichen Regeln und Algorithmen zur Ableitung von Entscheidungen der ortsspezifischen Boden- und Bestandesführung sind für die Maßnahmen der lockernden Grundbodenbearbeitung, der Saatstärkenermittlung, der Grunddüngung und der N-Düngung sowie zur Unkrautregulation und Wachstumsreglereinsatz für Winterweizen¹ zusammengestellt. Die Regeln sind an verschiedenen Standorten in Deutschland überprüft, verallgemeinernd als Module erarbeitet und in geeignete Softwareprodukte integriert. Für weitere relevante Kulturpflanzen (evtl. Mais, Zuckerrüben, Kartoffeln) sind Regeln zur Bestandesführung bei ausgewählten Maßnahmen konzipiert und erprobt.
2. Die zur ortsspezifischen Pflanzenproduktion minimal erforderlichen Daten seitens standortspezifischer Boden- und Bestandesinformationen sind für die Entscheidungsbereiche in 1. definiert. Ihre flächendeckende Ermittlung und Analyse anhand von kartierten oder zu messenden Merkmalen ist methodisch beschrieben und in Form von Modulen erarbeitet.
3. Die Prinzipien zur Ermittlung der ökonomisch, technisch und pflanzenbaulich sinnvollen Raster-/Teilflächengrößen sind abgeleitet und verallgemeinernd modelliert.
4. Die notwendigen Algorithmen zur einfachen Verschneidung von dynamisch sich ändernder Lage und Ausdehnung von Teilflächen und ihren Eigenschaften sind entwickelt.
5. Softwareprodukte zur Integration der Daten und der Module zur Entscheidungsunterstützung in der ortsspezifischen Pflanzenproduktion (precision agriculture) sind für die betriebliche

¹ ggf. auch zum Einsatz von Fungiziden (s. Kap. 10)

bzw. für die überbetriebliche Anwendung entwickelt und in der Praxis erprobt.

6. In mindestens acht von ihrer standörtlichen Lage und seitens des Betriebssystems unterschiedlichen landwirtschaftlichen Betrieben, die schon zu Beginn des Projektes mit GPS-Technologien gearbeitet haben, ist die ortsspezifische Pflanzenproduktion mindestens für Winterweizen eingeführt und erprobt.
7. In drei regional und seitens des Betriebssystems unterschiedlichen Betrieben, die zu Beginn des Projektes noch nicht mit GPS-Technologien gearbeitet haben, sind die erarbeiteten Prinzipien und Methoden der ortsspezifischen Pflanzenproduktion übertragen.
8. Die mit einer ortsspezifischen Pflanzenproduktion (precision agriculture) möglichen Umweltleistungen sind identifiziert, und ggf. erforderliche Anpassungen sind beschrieben.
9. Für ausgewählte Umweltleistungen sind Erfassungs- und Monitoringkonzepte erarbeitet, und diese sind in den Beispielsbetrieben installiert und begonnen.
10. Die Rentabilität der ortsspezifischen Pflanzenproduktion ist für verschiedene Standorte, Betriebsstrukturen und Betriebstypen in Deutschland analysiert.
11. Eine organisatorische und konzeptionelle Plattform für weitere ergänzende und zukünftige Forschungs- und Entwicklungsarbeiten sowie experimentelle Untersuchungen zu precision agriculture ist in Deutschland durch das Verbundprojekt geschaffen worden.

Die Arbeiten zu einigen der angestrebten Ergebnisse haben zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Zwischenberichtes schon einen guten Stand erreicht (Punkte 1, 2, 6, 10, 11). Die Arbeiten für die übrigen Projektergebnisse (3, 4, 5, 8, 9) werden im Jahr 2000 bzw. den Folgejahren (7) begonnen. Die abschließende und vollständige Erreichung der Ergebnisse wird bis zum Ende des Verbundprojektes beabsichtigt.

3.2 Aufgabenrelevante Fragestellungen

Um die vom Verbundprojekt angestrebten Ergebnisse (Kap. 3.1) zu erreichen, können nur in begrenztem Umfang schon ausreichend entwickelte und erprobte Teillösungen herangezogen werden. Für den überwiegenden Teil der Ergebnisse ergeben sich neue Fragestellungen an die Forschung und Entwicklung:

- Welche Informationen sind geeignet, die standörtliche Heterogenität von Ackerflächen bzw. ihrer Pflanzenbestände im jeweils aktuellen Zustand bzw. in ihrem Wachstumspotenzial zu beschreiben? Welches sind die wesentlichen Einflussfaktoren auf die relevanten Prozesse?

- Welche minimalen Kombinationen an diesen Informationen werden benötigt, um die Anbauentscheidungen bzw. die Ableitung der Maßnahmengestaltung zu diesen Teilflächen/Standorten vornehmen zu können?
- Wie lassen sich diese Heterogenitäten - und damit auch die Maßnahmengestaltung der Pflanzenproduktion - in Form von Teilflächen bzw. Standorten aggregieren oder typisieren? Wie wirkt sich darauf die Zusammenlegung von Schlägen zu größeren Einheiten aus?
- Wie sind Pflanzenbestände für unterschiedliche Standorte (Teilflächen) eines Ackerschlares zu etablieren und zu führen? Wie erfolgt die Ableitung von relevanten Maßnahmen in der Gestaltung der Pflanzenproduktion?
- Wie lassen sich die Prinzipien der ortsspezifischen Pflanzenproduktion als allgemeingültige Regeln, Algorithmen bzw. Softwaremodule - und damit auf relevante Anbaustandorte übertragbar - zusammenstellen? Wie lassen sich unternehmerische Strategien berücksichtigen?
- Wie wirkt sich die ortsdifferenzierte Gestaltung pflanzenbaulicher Maßnahmen auf Umweltqualitätsziele aus? Welche Umweltqualitätsziele sollten durch geeignete Anpassung der Maßnahmen speziell angestrebt werden? Wie erfolgt ein Umwelt-Monitoring für diese Technik?
- Wie unterscheiden sich die Informationsbeschaffung, Informationsverarbeitung und Entscheidungsfindung sowie die Datenhaltung bei precision agriculture für die einzelbetriebliche bzw. die überbetriebliche Arbeitsebene? Wie sind Informationssysteme zu organisieren?
- Wie wirkt sich eine ortsspezifische Pflanzenproduktion auf die Betriebsorganisation und die Wirtschaftlichkeit der Produktionsverfahren bzw. des Gesamtbetriebes aus? Wie unterscheiden sich dabei die einzelbetriebliche bzw. die überbetriebliche Organisationsform?
- Welchen Anteil an den Produktionskosten in precision agriculture haben die Geräteinvestitionen, die Beschaffung der Standort- bzw. Bestandesinformationen und deren Umsetzung?
- Welche technischen Anforderungen (u. a. Regelungsgeschwindigkeit, Arbeitsqualität) an die einzusetzenden Geräte und Steuerungseinheiten hat die ortsspezifische Pflanzenproduktion?

Diese übergeordneten Fragestellungen werden von pre agro bzw. seinen Teilprojekten aufgegriffen und durch weiter differenzierte wissenschaftliche Fragen bearbeitet und beantwortet (s. die Darstellungen in den Ergebniskapiteln 4.1 bis 4.4).

3.3 Inhaltliche Struktur des Verbundprojektes

Zur Bearbeitung und Erreichung der gesetzten Ziele sind die zu bearbeitenden Aufgaben innerhalb des Forschungsprojektes auf verschiedene Partner verteilt. Diese bearbeiten in hoch vernetzter Weise die anstehenden wissenschaftlichen, technischen und praktischen Aufgaben. Die schematische Darstellung der Vernetzung der wichtigsten Bearbeitungsschritte ist in der Projektübersicht des Klappentextes am Anfang des Berichtes aufgezeigt. Dabei lassen sich die von pre agro zu bearbeitenden Teilaspekte in fünf Projektbereiche (PB) gliedern:

- *Praxiserprobung* (PB I) mit den Teilprojekten I-1; I-2; I-3
- *Standort- und Bestandesanalyse* (PB II) mit den Teilprojekten II-1a; II-1b; II-2; II-3b; II-4; II-5; II-6a; II-6b
- *Management der Informationsverarbeitung* (PB III) mit den Teilprojekten III-1a; III-1b; III-2; III-3; III-4; III-5
- *Wirkungsanalyse* (PB IV) mit den Teilprojekten IV-1; IV-4a; IV-4b
- *Koordination* (PB V) mit den Teilprojekten V-1a; V-1b; V-2.

Die Projektbereiche des Verbundprojektes lassen sich hinsichtlich ihrer Aufgaben und wissenschaftlich-technischen Arbeiten wie folgt charakterisieren:

Praxiserprobung

Der Projektbereich Praxiserprobung stellt die gemeinsame Schnittstelle für die übrigen Teilprojekte auf der Datenerfassungs- und Anwendungsebene dar. Dieser Projektbereich organisiert die Arbeiten zur Erprobung der Managementmodule auf den Betrieben und führt sie mit den Betrieben und den Projektpartnern aus. Die Teilprojekte dieses Projektbereiches führen zudem eigenständige wissenschaftliche Arbeiten zu technikorientierten Fragen von precision agriculture durch.

Standort- und Bestandesanalyse

Der Projektbereich Standort- und Bestandesanalyse stellt für die im Projekt zu betrachtenden Flächen jene Daten zur Verfügung, die als lokale Standortinformationen der Schlagteilflächen von den anderen Projektpartnern benötigt werden. Neben der Erhebung neuer Daten, wie standortbezogene Daten z. B. zum Boden, Relief und den Pflanzenbeständen, werden auch vorhandene offizielle oder private Daten genutzt und gegebenenfalls aufbereitet. Die Teilprojekte dieses Projektbereiches führen zudem eigenständige wissenschaftliche Arbeiten zu Fragen der Standortcharakterisierung und der erforderlichen Methodenentwicklung für precision agriculture durch. Zu nennen sind hier vor allem Luftbilderstellung, Modellsimulationen, Bodenbeprobungen und Bodenleitfähigkeitsmessungen. Die Datenauswertung zu diesen Methoden werden weitestgehend als Module für die integrierende Software verfügbar gemacht.

Management der Informationsverarbeitung

Der Projektbereich Management der Informationsverarbeitung erstellt und überprüft die notwendigen pflanzenbaulichen Algorithmen und Regeln, nach denen die Standort- und Bestandesdaten

verknüpft werden sollen. Daraus lassen sich Empfehlungen für die Gestaltung der ortsdifferenzierten Maßnahmen zu Bodenbearbeitung und Bestellung, Düngung, Einsatz von Herbiziden, Fungiziden und Wachstumsreglern erstellen. Diese Algorithmen werden mit den technikorientierten Teilprojekten erprobt und in Form von Softwaremodulen soweit verallgemeinert, dass sie übertragbar für andere Standorte und Betriebe werden. Zudem werden die Softwaremodule in neu zu entwickelnde bzw. vorhandene Software zu precision agriculture integriert.

Wirkungsanalyse

Der Projektbereich Wirkungsanalyse ermittelt die Wirkungen, die precision agriculture im Hinblick auf ökonomische und ökologische Aspekte verursacht. Hierbei wird konzeptionell immer der Vergleich zur betriebsüblichen Praxis gezogen. Die Wirkungsanalysen führen zudem mit den Teilprojekten im Projektbereich Management der Informationsverarbeitung iterativ zu Anpassungen der erstellten Regeln und Algorithmen der Anbauverfahren sowie zu Empfehlungen an die (Agrar-)Politik bzw. die Beratung und Ausbildung. Die Erkenntnisse der ökonomischen Analysen fließen unmittelbar in die Auswahl der Maßnahmen bzw. deren Gestaltung ein und dienen auch der Softwareentwicklung und der Datenbeschaffung als Vorgaben für das wirtschaftlich und betriebsorganisatorisch Machbare bzw. die sinnvollen Systeme. Vergleichbares gilt für die auf ökologischen Fragen ausgerichteten Wirkungsanalysen.

Koordination

Der Projektbereich Koordination organisiert die projektinternen inhaltlichen Verknüpfungen, die Informationsflüsse und technischen Absprachen zwischen den Teilprojekten sowie die projektinterne Kommunikation (s. Kap. 9). Zudem ist dieser Projektbereich zuständig für den kontinuierlichen Transfer der Projektergebnisse zu den Anwendern, zu der noch nicht im Projekt direkt beteiligten Landtechnikindustrie, den projektrelevanten Interessenvertretern in Politik und Praxis sowie zur Ausbildung und Beratung. Dabei obliegt diesem Projektbereich auch die Durchführung der allgemeinen Öffentlichkeitsarbeit und damit insbesondere die Kommunikation des Verbundprojektes mit den Medien. Der Projektbereich führt auch Informations- und Ausbildungsveranstaltungen bei Multiplikatoren zur Landwirtschaft und der Landtechnik durch. Der Projektbereich Koordination erstellt und unterhält zudem das projektinterne Informationssystem *premis*.

Die Verknüpfung der fünf Projektbereiche und die thematische Zugehörigkeit der Teilprojekte sind in Abbildung 1 dargestellt. Eine detaillierte Darstellung der Projektstruktur und der Teilprojekte ist auf der ausklappbaren Übersicht am Anfang dieses Berichtes aufgezeigt.

3.4 Experimentalkonzept

Mit Beginn des Projektes wurde ein grundlegendes, mit allen Projektpartnern abgestimmtes Forschungskonzept erstellt. Dieses wurde in der Zwischenzeit bereits mehrfach dem Projektfortschritt und den aktuellen Entwicklungen von Seiten der Technik angepasst. So wurden z.B. das sogenannte Pflichtprogramm (s. unten) erweitert und der mittlerweile verbesserte N-Sensor (s. Kap. 4.3.3) in die Untersuchungen mit aufgenommen. Auch weiterhin soll dieses Konzept den Erfordernissen und Marktentwicklungen angepasst werden, so dass das hier vorgestellte experimentelle Konzept nur den derzeitigen Planungsstand wiedergeben kann.

Das experimentelle Konzept untergliedert sich in 4 unterschiedlich konzipierte Schwerpunkte. Es enthält dabei sowohl Aktivitäten, die auf allen Standorten gleichzeitig und einheitlich durchgeführt werden, als auch Maßnahmen, die zunächst nur auf einem oder wenigen Standorten erprobt und erst zu einem späteren Zeitpunkt auf die anderen Standorte übertragen werden. Weitere Aktivitäten werden während der gesamten Projektlaufzeit nur auf einzelnen Projektstandorten durchgeführt (s. Tab. 3.4-1). Die einheitlichen Maßnahmen dienen dabei vor allem der Überprüfung ihrer Übertragbarkeit hinsichtlich der verschiedenen geographisch-klimatischen Standorte als auch zur Überprüfung der Auswirkungen, bezogen auf die unterschiedlichen Betriebsstrukturen. Die vier Forschungsschwerpunkte lassen sich wie folgt gliedern:

- Pflichtprogramm
- Entwicklungsschwerpunkt
- Untersuchungsschwerpunkt
- Sonderaktivität.

Das *Pflichtprogramm* wird an allen 8 Praxisstandorten einheitlich durchgeführt und dient somit der überregionalen Entwicklung des Managementsystems sowie der verallgemeinernden Auswertung der Anwendungsergebnisse. Hier ist vor allem die Anpassung und Übertragbarkeit der erstellten Regeln und Algorithmen auf andere Standorte von besonderem Interesse. Aber auch eine Auswertung der ökonomischen Bedeutung von precision agriculture auf verschiedenen Standorten mit unterschiedlichen Heterogenitäten und verschiedenen Betriebsstrukturen kann erst durch ein solches einheitliches Grundprogramm zu verallgemeinerbaren Aussagen führen.

Als Pflichtprogramm wurden eine ortsspezifisch in den Flächen differenzierte Aussaat von Winterweizen, die darauf abgestimmte differenzierte Stickstoffdüngung sowie eine angepasste Applikation von Wachstumsreglern festgelegt. Dabei werden an jedem Standort in jedem Jahr mindestens 2 Schläge nach diesem Prinzip bestellt. Durch die betriebsspezifische Fruchtfolge werden in jedem Jahr zwei neue Schläge betrachtet. Die Schläge, auf denen im Vor- bzw. Vorvorjahr das Pflichtprogramm abgehalten wurde, werden dabei in Abhängigkeit von der anzubauenden Frucht ebenfalls weiter untersucht (s. Abb. 3.4). Hierzu zählen die Getreidefrüchte Wei-

zen, Gerste und Roggen sowie Raps. Wird eine andere Kultur angebaut, wird gegebenenfalls auch diese betrachtet, zumindest findet eine Nachwirkungsbetrachtung statt. Somit ergeben sich zumindest 6 Schläge an jedem Standort, die vom Projekt betrachtet werden.

In Landshut wird dieses Pflichtprogramm parallel auf drei Betrieben durchgeführt, wodurch sich eine Anzahl von insgesamt 12 Schlägen ergibt (s. Tab. 3.4-1, 12 statt 18 da Weizen nach Weizen). Am Standort Zeilitzheim wird in den drei Versuchsjahren mindestens jeweils ein Gewanne betrachtet.

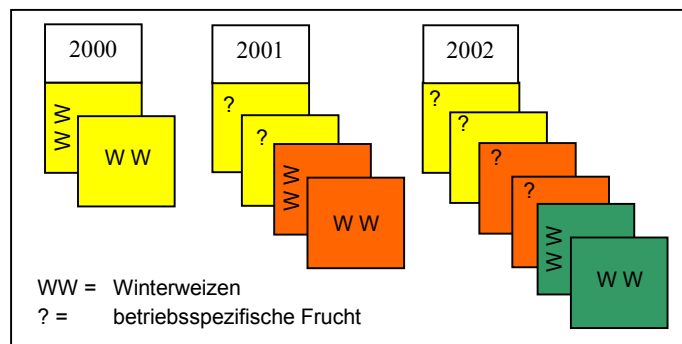


Abb. 3.4: Schematische Darstellung der Auswahl und Betrachtung der Pflichtschläge auf jedem der Beispielsbetriebe

Tab. 3.4-1: Bearbeitungsschwerpunkte auf den Betrieben von pre agro

Betrieb	Pflichtprogramm (über Projektlaufzeit)		Anzahl Schläge	Entwicklungsschwerpunkt	Untersuchungsschwerpunkt	Sonderaktivität
	Winterweizen	diff. Aussaat				
Baasdorf	<ul style="list-style-type: none"> diff. Aussaat diff. N-Düngung diff. Wachstumsreg. 	<ul style="list-style-type: none"> komplette Bestandesführung Weizen [ggf. andere Kulturen] Pflanzenschutz 	6	<ul style="list-style-type: none"> regionale Stoffdynamik lokaler N-Austrag Fernerkundungsmethoden Bodenwasserspeicher 	<ul style="list-style-type: none"> diff. Applikation von Hühnerkot diff. Beregnung 	
Kassow	<ul style="list-style-type: none"> diff. Aussaat diff. N-Düngung diff. Wachstumsreg. 	<ul style="list-style-type: none"> N-Düngung, P u. K-Düngung komplette Bestandesführung Weizen [ggf. andere Kulturen] Integration Naturschutzziele Einsatz N-Sensor 	6	<ul style="list-style-type: none"> regionale Stoffdynamik lokaler N-Austrag Fernerkundungsmethoden 	-	
Landshut	<ul style="list-style-type: none"> diff. Aussaat diff. N-Düngung diff. Wachstumsreg. 	-	12	-	-	
Raesfeld	<ul style="list-style-type: none"> diff. Aussaat diff. N-Düngung diff. Wachstumsreg. 	<ul style="list-style-type: none"> diff. Maisausaat 	6	<ul style="list-style-type: none"> lokaler N-Austrag Vollkostenrechnung 	<ul style="list-style-type: none"> Ertragskartierung Silomais diff. Applikation von Gülle 	
Raguhn	<ul style="list-style-type: none"> diff. Aussaat diff. N-Düngung diff. Wachstumsreg. 	<ul style="list-style-type: none"> Einsatz N-Sensor 	6	<ul style="list-style-type: none"> großfl. Erprobung P+K-Düng. Bodenwasserspeicher Fernerkundungsmethoden 		
Thumby	<ul style="list-style-type: none"> diff. Aussaat diff. N-Düngung diff. Wachstumsreg. 	<ul style="list-style-type: none"> Methodik Hofbodenkarte komplette Bestandesführung Weizen [ggf. andere Kulturen] (evtl. Integration Naturschutzziele) 	6	<ul style="list-style-type: none"> regionale Stoffdynamik lokaler N-Austrag 	-	
Groß-Twülpstedt	<ul style="list-style-type: none"> diff. Aussaat diff. N-Düngung diff. Wachstumsreg. 	<ul style="list-style-type: none"> diff. Bodenbearbeitung + Bestellung für Getreide Integration Naturschutzziele 	6	<ul style="list-style-type: none"> lokaler N-Austrag Vollkostenrechnung 	<ul style="list-style-type: none"> Zuckerrübe: N-Düngung Ertragskartierung 	
Zeilitzheim	<ul style="list-style-type: none"> diff. Aussaat diff. N-Düngung diff. Wachstumsreg. 	<ul style="list-style-type: none"> unternehmerische Strategien in der pflanzenbaulichen Entscheidungsfindung Konzept Gewinnwirtschaft 	3 Gewanne	-	-	

Als *Entwicklungsschwerpunkt* werden jene Aktivitäten bezeichnet, bei denen, ergänzend zu dem Pflichtprogramm, Regeln und Algorithmen zu speziellen pflanzenbaulichen Maßnahmen für das Managementsystem entwickelt werden. Während im Pflichtprogramm keine vergleichenden Versuche angelegt werden, sind im Rahmen des Entwicklungsschwerpunktes gezielte Versuche auf anderen Flächen als den Pflichtschlägen möglich. Mit Hilfe derartiger Versuche werden vor allem weitere Düngungsalgorithmen zum Einsatz von Stickstoff und Grunddüngung erprobt (s. Kap. 4.3.3). Ferner werden im Rahmen des Entwicklungsschwerpunktes jene Algorithmen erarbeitet und erprobt, bei denen die technischen und/oder pflanzenbaulichen Grundlagen noch nicht ausreichend in der Literatur beschrieben sind, um Regeln und Algorithmen ableiten zu können. Hierzu sind vor allem die Maßnahmen einer differenzierten Applikation von Herbiziden, Fungiziden (s. Kap. 4.3.4) und einer differenzierten Bodenbearbeitung (s. Kap. 4.3.2) zu zählen. Aber auch die differenzierte Bestandesführung von Mais-Beständen ist ein Entwicklungsschwerpunkt.

Darüber hinaus wird, aufbauend auf den erarbeiteten Regeln und Algorithmen bei ausgewählten Betrieben, die vollständige Verknüpfung sämtlicher ortsspezifisch differenziert zu betrachtenden pflanzenbaulichen Maßnahmen erprobt. Hier werden, zusätzlich zu den Maßnahmen des Pflichtprogramms, die differenzierte Bodenbearbeitung sowie die Herbizid- und Fungizidbehandlungen in die Anwendungen mit aufgenommen. Weitere Entwicklungsschwerpunkte sind die gezielte Integration von Naturschutzziele sowie die Bewertung von unterschiedlichen unternehmerischen Strategien in der Maßnahmengestaltung bei der Bildung von Gewannen.

Bei den *Untersuchungsschwerpunkten* handelt es sich fast ausschließlich um Aktivitäten aus den Projektbereichen Standort- und Bestandesanalyse sowie der Wirkungsanalyse (s. Kap. 3.3), bei denen neben der reinen Erhebung bzw. Beschreibung auch die (Weiter-) Entwicklung der Methoden erfolgt. Zusätzlich wird im Rahmen des Untersuchungsschwerpunktes auch die großflächige Erprobung der ortsspezifischen P- und K-Düngung realisiert (s. Kap. 4.3.3).

Sonderaktivitäten sind Maßnahmen in der Forschung zu precision agriculture, die sich aufgrund spezieller Bedingungen auf einzelnen Betrieben anbieten. Meist handelt es sich zudem um Aktivitäten in Bereichen, in denen zur Zeit nur sehr geringe Kenntnisse einer differenzierten Maßnahmengestaltung vorliegen. Hierzu zählen die differenzierte Applikation von Hühnerkot und Gülle, eine ortsspezifisch differenzierte Beregnung (unterschiedliche Mengen Wasser und unterschiedliche Nährstoffmengen) sowie die Ertragskartierung bei Silomais und Zuckerrüben. Dabei sind die beiden zuletzt genannten Aktivitäten als Kooperationen mit der Landtechnikindustrie bzw. anderen Partnern durchzuführen. Insgesamt sind die Sonderaktivitäten von untergeordneter Priorität bei der Bearbeitung und werden erst mit Anpassung an den Projektfortschritt in den nächsten Jahren umgesetzt.

Zur Realisierung des oben beschriebenen experimentellen Konzeptes stehen dem Projekt seit Projektbeginn von Seiten der beteiligten Landwirte ca. 100 Schläge mit über 3.000 ha Ackerfläche zur Verfügung (s. auch Kap. 3.5). Davon entfallen auf das Pflichtprogramm ca. 1.400 ha (47 %), der Rest von ca. 1.600 ha (53 %) sind Flächen für die Entwicklungs- und Untersuchungs-

schwerpunkte sowie die Sonderaktivitäten. Die Flächengröße schwankt dabei von 0,49 ha (Flurstück als Beitrag zu einem Gewanne) und 183,1 ha.

Generell wurde vereinbart, dass zwecks Vergleichbarkeit zwischen betriebsüblicher Maßnahmengestaltung und precision agriculture-Anwendungen die zu betrachtenden Schläge in zwei Hälften geteilt werden. Während auf dem einen Teil die Ausgestaltung der Maßnahmen von den Landwirten bestimmt wird, erfolgt auf dem anderen Teil eine Bearbeitung nach den vom Projekt erarbeiteten Maßnahmenempfehlungen. Die Teilung der Schläge erfolgt dabei virtuell, das heißt die Maßnahmengestaltung des Landwirtes wird in die Applikationskarten mit aufgenommen. Die Größe der beiden Schlagteile ist vergleichbar. Dabei wird der "Teilungsschnitt" so gelegt, dass hinsichtlich der Standortunterschiede annähernd ähnliche Verhältnisse herrschen. Bei Schlägen, die aufgrund ihrer geringen Flächengröße eine sinnvolle Teilung nicht erlauben, werden für die Referenzflächen vergleichbare Schläge gewählt.

Die auf den Projektschlägen bisher durchgeführten Beobachtungen bzw. die dort erfassten Daten sowie die erstellten Applikationskarten sind in Tabelle 3.4-2 zusammengestellt. Erkennbar ist der zu Beginn des Jahres 2000 schon große Umfang an erfassten Daten im Verbundprojekt.

Tab. 3.4-2: Übersicht zu den wesentlichen auf den Projektbetrieben von pre agro durchgeführten Beobachtungen bzw. erhobenen Daten (Stand: Februar 2000)

Betriebsinformation	Standort	Schlaggrenzen	betriebswirt. Daten
	Kassow	ja	ja
	Twülpstedt	ja	ja
	Baasdorf	ja	ja
	Thumby	ja	ja
	Raguhn	ja	ja
	Raesfeld	ja	ja
	Landshut	ja	ja
	Zeilitzheim	ja	ja

Boden	Standort	RBS	ECa	Bohrungen	Bodenformen
	Kassow	ja	ja	tw	tw
	Twülpstedt	ja	ja	tw	tw
	Baasdorf	tw	ja	tw	tw
	Thumby	ja	ja	ja	tw
	Raguhn	tw	tw	tw	tw
	Raesfeld	tw	tw	tw	tw
	Landshut	ja	ja	nein	nein
	Zeilitzheim	ja	nein	nein	nein

geogr. Informationen	Standort	TK 25	TK 50	TK 100	TK 200	sonstige TK	DGK5	DHM (LVA)	DHM (RTK-DGPS)	DGM
	Kassow	ja	nein	ja	nein	ja	nein	ja	tw	ja
	Twülpstedt	ja	nein	ja	nein	ja	ja	ja	tw	ja
	Baasdorf	tw	nein	nein	nein	ja	nein	tw	tw	tw
	Thumby	nein	ja	nein	ja	ja	ja	ja	tw	ja
	Raguhn	ja	tw	nein	nein	ja	nein	tw	nein	nein
	Raesfeld	tw	tw	nein	nein	ja	ja	ja	tw	ja
	Landshut	nein	tw	nein	nein	ja	nein	ja	nein	ja
	Zeilitzheim	nein	nein	nein	nein	ja	nein	ja	nein	Ja

Fernerkundung	Standort	Luftbilder	NIR-Videobilder	Satelliten-Bilder	Thermal-daten	Multispek-traldaten	Hyperspek-traldaten
	Kassow	ja	nein	nein	ja	nein	nein
	Twülpstedt	tw	tw	nein	nein	nein	nein
	Baasdorf	nein	tw	tw	tw	tw	tw
	Thumby	ja	tw	nein	nein	nein	nein
	Raguhn	tw	tw	tw	nein	tw	nein
	Raesfeld	nein	tw	nein	nein	nein	nein
	Landshut	tw	nein	nein	nein	nein	nein
	Zeilitzheim	nein	nein	nein	nein	nein	nein

Pflanze	Standort	Ertragskarten 1999 ³⁾	Saatkarten 99/00 ¹⁾	Bonitur der Aussaat 99/00 ¹⁾	Applikations-karte N1 ¹⁾
	Kassow	tw	ja	ja	ja
	Twülpstedt	tw	ja	ja	ja
	Baasdorf	tw	ja	ja	ja
	Thumby	nein	ja	ja	ja
	Raguhn	nein	ja	ja	ja
	Raesfeld	tw	ja	ja	ja
	Landshut	tw	ja	ja	ja
	Zeilitzheim	nein	nein	nein	nein

Ökologie	Standort	Festleg. Nat.-schutzziele	reg. Zu-standsanaly.	Tiefen-bohrungen ²⁾
	Kassow	ja	tw	ja
	Twülpstedt	nein	nein	ja
	Baasdorf	nein	nein	nein
	Thumby	nein	ja	nein
	Raguhn	nein	nein	nein
	Raesfeld	nein	nein	ja
	Landshut	nein	nein	nein
	Zeilitzheim	nein	nein	nein

ja = die entsprechenden Informationen liegen für alle Projektflächen innerhalb eines Betriebes vor

tw = teilweise; die Daten liegen für einige der Projektschläge vor, meist für alle Pflichtschläge

nein = Daten liegen an dem Standort noch nicht vor

1) = Daten können sich nur auf die Pflichtschläge beziehen

2) = Daten werden nur auf jeweils einem Pflichtschlag erhoben

3) = evtl. zusätzlich auch Daten aus Vorjahren verfügbar

3.5 Charakterisierung der Projektbetriebe und Lohnunternehmen

Am Projekt sind insgesamt 16 landwirtschaftliche Betriebe, 3 Lohnunternehmen und ein Maschinenring beteiligt. An den Standorten Thumby, Baasdorf, Groß-Twülpstedt und Kassow befindet sich jeweils ein landwirtschaftlicher Betrieb. Die übrigen Betriebe an den Standorten Raguhn, Raesfeld und Landshut sind als Kunden der dort ansässigen Lohnunternehmen am Projekt beteiligt (Tab. 3.5-1). Dem Projekt wird von den Praxispartnern insgesamt eine Ackerfläche von 3.047 ha zur Verfügung gestellt.

Tab. 3.5-1: Standorte, Betriebe und Lohnunternehmen des Verbundprojektes pre agro

Standort bzw. Betrieb	Betrieb	von pre agro betreute Ackerfläche (ha)
Thumby		254
Kassow		553
Groß-Twülpstedt		70
Baasdorf		710
Raguhn (Lohnunternehmen)	Queis	241
	Rösa	156
	Quellendorf	267
	Petersberg	184
	Landsberg	121
	Raguhn	184
Raesfeld (Lohnunternehmen)	Selbitz	102
	Raesfeld	9
	Beckum	70
	Hamminkeln	7
Zeilitzheim (Maschinenring)	(6 Nebenerwerbsbetr.)	15
Landshut (Lohnunternehmen)	Gündelkofen	35
	Essenbach	41
	Reisach	28
		Σ 3.047

Wie Abbildung 3.5 zeigt, sind die Standorte der Praxisflächen über das gesamte Bundesgebiet und dabei über die wesentlichen Ackerbauregionen mit ihren unterschiedlichen Boden- und Klimazonen verteilt. So ist sichergestellt, dass die zu erarbeitenden Regeln und Algorithmen für eine ortsspezifische Bewirtschaftung für die wichtigsten Anbauggebiete Deutschlands Gültigkeit besitzen werden.



Abb. 3.5: Lage der Standorte der in pre agro einbezogenen Betriebe und Lohnunternehmen

Tabelle 3.5-2 stellt für jeden Standort jeweils einen repräsentativen Betrieb mit wesentlichen Kennzahlen vor.

Tab. 3.5-2: Charakterisierung repräsentativer Projektbetriebe der einzelnen Standorte

Standort	Betriebstyp	Betriebsfläche (ha)	durchschn. Schlaggröße (ha)	Ackerzahl von-bis (Ø)	Jahresniederschlag (mm)	Jahres-Ø-Temp (°C)
Thumbby	Marktfruchtbetrieb	1.000	20	25-58 (40)	880	9,5
Kassow	Marktfr. mit 200 Milchkühen	2.200	50	29-47 (36)	530	8,2
Groß-Twülpstedt	Marktfruchtbetrieb	500	7	38-48 (43)	600	9,1
Raesfeld (Beckum)	Marktfruchtbetrieb	150	5	28-44 (40)	750	9,3
Baasdorf	Ackerbau mit Hühnerhaltung	7.000	50	31-94 (65)	450	8,9
Raguhn (Queis)	Marktfruchtbetrieb	1.020	50	70-95 (79)	470	8,7
Zeilitzheim	Nebenerwerbsbetriebe	< 30	< 1	50-70 (60)	550	8,3
Landshut	Marktfruchtbetrieb	150	5	45-70 (60)	800	7,6

Diese Übersicht zeigt auch die großen Strukturunterschiede zwischen west- und ostdeutschen Betrieben (Tab. 3.5-2) bzw. bei den Lohnunternehmen (Tab. 3.5-3). Die Kennzahlen der Klima- und Naturräume der 8 Standorte machen aber auch deutlich, dass sich das zu entwickelnde Managementsystem für precision agriculture sehr unterschiedlichen Voraussetzungen stellen muss.

Tab. 3.5-3: Charakterisierung der Lohnunternehmen im Projekt

Standort	angebotene Dienstleistungen	bearbeitete Fläche (ha · a ⁻¹)	Ø-Schlaggröße der Kunden (ha)
Raguhn	Düngung, Pflanzenschutz, Zuckerrübentransport	11.000	45
Raesfeld	Mähdrusch, Silomaiserte, Heuwerbung	1.000	3
Landshut	Mähdrusch	4.000	5

3.6 Kooperationen mit anderen Forschungsprojekten

Die hohe Komplexität und die große Dynamik in der Entwicklung der neuen Pflanzenproduktionsstechnik 'precision agriculture' erfordern einen ständigen und intensiven Erfahrungs- und Wissensaustausch mit externen Wissenschaftlern sowie anderen Forschergruppen und Entwicklern. Dieser Austausch erfolgt auf der Ebene des Gesamtprojektes pre agro sowie bilateral seitens der Teilprojekte bzw. deren MitarbeiterInnen mit externen Kooperationspartnern.

Eine Auswahl von sehr aktiven Kooperationen im Bereich von Wissenschaft und Erprobung zu precision agriculture kann die Verbindungen von pre agro mit Dritten exemplarisch beschreiben:

ATB (Dr. Domsch)

Mit einem in Vorbereitung befindlichen Projekt von Herrn Dr. Domsch (Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim, ATB) soll eine Methodik entwickelt werden, mit der bei standortheterogenen Schlägen eine Ausweisung von differenziert zu bewirtschaftenden Teilflächen erfolgen kann. Das Projekt wurde zur Beantragung einer Förderung beim Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Bonn) eingereicht. Als Messmethodik soll die Erfassung der (scheinbaren) elektrischen Leitfähigkeit mit dem System EM 38 erfolgen (s. a. Kap. 4.2.1.3). Ergänzend sollen die Auswertungen von Ertragskartierungen für die Ausweisung der Teilflächen herangezogen werden. Dieses Projekt beabsichtigte, seine Arbeiten auf den Ackerflächen von vier landwirtschaftlichen Betrieben in Sachsen-Anhalt durchzuführen. Zwischen beiden Partnern wurde nunmehr vereinbart, dass einer der vier Betriebe ein Projektbetrieb von pre agro im benachbarten Niedersachsen sein wird (Groß-Twülpstedt). Beide Projekte werden auf diesem Betrieb ihre Arbeiten ergänzen und gemeinsame Datenerhebungen sowie -analysen und Konzeptstellungen durchführen. Die vom Projekt 'ATB' erarbeitete Methodik kann damit die eigenen Aktivitäten von pre agro gut ergänzen.

FAM, IKB

Auf der Ebene der Prozessuntersuchung bzw. der Erarbeitung von wissenschaftlichen Methoden arbeiten Wissenschaftler von pre agro eng zusammen mit dem *Forschungsverbund Agrarökosysteme München* (FAM, BMBF-gefördert) sowie dem Projekt *Informationssystem Kleinräumige Bestandesführung Dürnast* (IKB, DFG-Forschergruppe). Insbesondere bezieht sich dies auf die Analyse und Abschätzung der Dynamik des Wasserhaushaltes in Boden und Pflanze so-

wie der Ableitung von Pflanzenzuständen mit Hilfe von Fernerkundungsinformationen (s. a. Kap. 4.2.3).

GRANO

Das vom BMBF geförderte Forschungsverbundprojekt „Ansätze für eine dauerhaft umweltgerechte landwirtschaftliche Produktion: Modellgebiet Nordostdeutschland (GRANO)“ verfolgt das Ziel, eine stärkere Berücksichtigung von Umweltqualitätszielen in der Landwirtschaft zu erreichen. Hierzu sollen vorhandene Erfahrungen und vorhandenes Wissen zu den Wirkungen der landwirtschaftlichen Landnutzung zusammen mit regionalen Akteuren umgesetzt werden. Im Rahmen von GRANO werden auch erste Erfahrungen von pre agro auf einem landwirtschaftlichen Betrieb in der Uckermark umgesetzt. Die praktische Anwendung bezieht sich dabei auf Ziele des Naturschutzes (Förderung des Lebensraumes im Weizen für Feldvögel, Schutz von kleinen Standgewässern vor Stoffeinträgen auf dem selben Ackerschlag) und dient als Referenzbeispiel für interessierte Betriebe in der Region. Durch das Verbundprojekt pre agro wird die Planung der Maßnahmen wissenschaftlich vorbereitet und ihre Durchführung fachlich betreut (s. auch Kap. 6).

Ministerium für den ländlichen Raum, Baden-Württemberg (Dr. Stauss)

Die häufig kleinteilige Struktur der Ackerschläge in Baden-Württemberg hat bei Lohnunternehmern und Landwirten in den letzten Jahren zur Suche nach Möglichkeiten der effektiven Zusammenlegung von Schlägen geführt. Initiiert von einem Lohnunternehmen mit dessen Kunden in Riedhausen soll ein Landespilotprojekt für die Gewannwirtschaft vorbereitet werden. Mit dem Fachbetreuer im zuständigen Ministerium ist vereinbart, dass pre agro für die Projektvorbereitung eine beratende Funktion übernehmen soll (s. Kap. 4.1.2: *Micro-Precision-Farming*; hier: TU-München zus. mit KTBL). Für die Analyse von Standorteigenschaften der Gewannfläche sowie die Gestaltung pflanzenbaulicher Maßnahmen wird pre agro seine neu entwickelten Methoden bereitstellen bzw. gemeinsam mit dem Pilotprojekt einsetzen. Zudem werden ggf. durch pre agro (Teilprojekt Wirkungsanalyse: *Ökonomie*) die betriebsorganisatorischen Aspekte der Gewannwirtschaft bzw. ihre wirtschaftlichen Effekte untersucht. Dieses Pilotprojekt könnte somit eine frühe Erprobung des Konzeptes *Micro-Precision-Farming* (Kap. 4.1.2) ermöglichen.

Univ. Potsdam (Dr. Lück)

Die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU, Osnabrück) fördert seit Anfang des Jahres 2000 ein Entwicklungsprojekt von Frau Dr. Lück (Univ. Potsdam) zu methodischen Arbeiten für precision agriculture. Mit Hilfe von wiederholten Messungen der elektrischen Leitfähigkeit der Böden von bewachsenen Ackerflächen (EM-38-System) soll die Wasserdynamik im Boden während der Vegetation erfasst werden. Aus dem Verlauf des Bodenwassergehaltes sollen Hinweise für eine effektive Stickstoffdüngung (Spätgabe im Getreide) abgeleitet werden. Die Arbeiten dieses Projektes werden auf dem pre agro-Projektbetrieb Kassow durchgeführt. Hierzu erfolgen gemeinsam mit diesem DBU-Projekt die Planung und Interpretation von Untersuchungen sowie die Nutzung entstehender Methoden. Die Projekte werden ihre Standort- und Erhebungsdaten austauschen und gemeinsam nutzen.

Univ. Bonn (Prof. Kromer)

Das Institut für Landtechnik in Bonn (Univ. Bonn, Prof. Kromer) hat in den letzten beiden Jahren ein Ertragserfassungsgerät für Feldhäcksler entwickelt. Dieses System ist geeignet, in Standard-Häckslersysteme eingebaut zu werden, um damit Ertragskartierungen bei Ernte von Gras und Silomais durchzuführen. Das System wird gemeinsam mit den Entwicklern auf Flächen des Standortes Raesfeld (Lohnunternehmen SEDA) eingesetzt. Für die Entwickler bietet sich die gute Möglichkeit, die Ertragskartierung gezielt mit den von pre agro ermittelten Standorteigenschaften zu kalibrieren. Für pre agro ergibt sich durch den Einsatz dieses Kartiersystems die Möglichkeit, die in Raesfeld ab dem Jahr 2000 durchgeführte differenzierte Aussaat von Silomais auch differenziert zu beernten (Ertragskartierung).

In wachsendem Maße kooperiert pre agro auch mit Firmen der Landtechnikindustrie: Agrom (Terminals), Amazonenwerke (Sämaschinen, Düngerstreuer), Kleine (Maislegemaschinen), CLAAS (Ertragskartiersysteme Mähdrescher, Häcksler), Dronningborg Industries (Terminals), Jacoby (Spritzen), Väderstadt (Bodenbearbeitungsgeräte, Sätechnik), Horsch (Bodenbearbeitungsgeräte, Sätechnik), LH Agro (Terminals), Zunhammer/Vogelsang (Gülleausbringgeräte). Diese Firmen stellen Leihgeräte oder im Preis reduzierte Technik sowie in erheblichem Umfang auch Know-how und Serviceleistungen kostenlos dem Projekt bzw. den Projektbetrieben zur Verfügung.

Ergänzende Hinweise zu Kooperationen in der praktischen Arbeit von pre agro mit Dritten können dem Kapitel 6 (*Transferarbeit des Verbundprojektes*) entnommen werden.