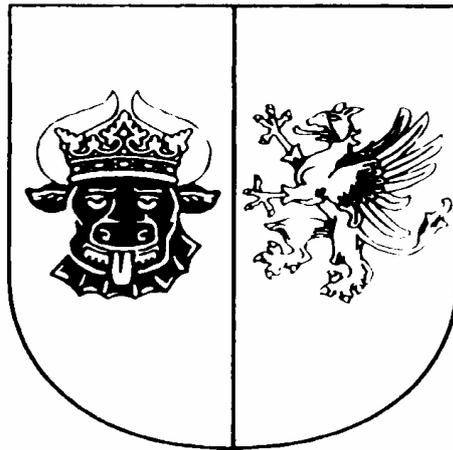


**Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und
Fischerei**

Mecklenburg-Vorpommern

Institut für Betriebswirtschaft



**Aspekte der GPS-gestützten teilflächenspezifischen
Bewirtschaftung in Mecklenburg-Vorpommern**

Fo-Nr.: 55/01

Abschlussbericht

Stand 15.10.2004

Verantwortlicher Bearbeiter: Dr. E. Lehmann

Inhaltsverzeichnis

1	Problemstellung.....	2
2	Technologische Themenfelder der teilflächenspezifischen Bewirtschaftung.....	4
2.1	Standort und Fernerkundung.....	4
2.2	Technik und Technologie.....	5
2.3	Entscheidungskriterien.....	8
2.4	Managementsysteme.....	9
2.5	Datenmanagement.....	9
2.6	Umwelleistungen.....	10
3	Untersuchungen zur teilflächenspezifischen Grunddüngung.....	11
3.1	Vorstellung des Referenzbetriebes.....	11
3.2	Aktivitäten der Neetzower Agrarhof Peenetal GmbH zur Einführung von Precision Farming.....	13
3.3	Abgrenzung von Ertragszonen.....	14
3.4	Versuchsanlage zur teilflächenspezifischen Grunddüngung.....	16
3.5	Ergebnisse der teilflächenspezifischen Grunddüngung.....	17
4	Schlussfolgerungen	19
4.1	Schlussfolgerungen für die landwirtschaftliche Praxis in Mecklenburg-Vorpommern.....	19
4.2	Schlussfolgerungen für die wissenschaftliche Arbeit.....	20
5	Verzeichnis der Stellungnahmen und Leistungen im Zusammenhang mit dem Forschungsthema.....	22
6	Literatur.....	23

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Übersicht über Verfahrensabschnitte und teilflächenspezifische Differenzierungsmöglichkeiten.....	6
Tabelle 2:	Betriebsspiegel der Neetzower Agrarhof Peenetal GmbH.....	12
Tabelle 3:	Vergleich ausgewählter Daten der Versuchsschläge und der Streifenanlagen zur teilflächenspezifischen Grunddüngung.....	16
Tabelle 4:	Phosphor- und Kaliumgehalt in der Pflanze, Mittelwerte aus den Jahren 1999 bis 2002	17
Tabelle 5:	Anzahl ährentragender Halme, Mittelwerte aus den Jahren 1999 bis 2002.....	18
Tabelle 6:	Ausgewählte Erträge aus Streifenversuchen zur Grunddüngung, Mittelwerte aus den Jahren 1999 bis 2002.....	18

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Beispiel der Schlageinteilung in Polygone auf Basis der Bodenartengrenzen aus der Reichsbodenschätzung.....	14
Abbildung 2:	Wechselwirkung zwischen Ackerzahl und Relativertrag in der Neetzower Agrarhof Peenetal GmbH – Ertragsdaten von 1998 bis 2002.....	15
Abbildung 3:	Ergebnisse der Bodenuntersuchung in Streifenverfahren.....	17

1 Problemstellung

Gegenwärtig befindet sich die Landwirtschaft Deutschlands in einer schwierigen Situation. Die vollständige Entkopplung der EU-Direktzahlungen von der Produktion als Kern der Agrarreform eröffnet Chancen zu einer markt- und standortangepassten Produktion. Eine stärkere Ausrichtung der Produktion nach den natürlichen Gegebenheiten und den marktwirtschaftlichen Erfordernissen wird dadurch stärker als bisher angestrebt.

Im Rahmen der Agenda 2000 hat die Europäische Gemeinschaft mit Cross Compliance eine Querverbindung zwischen den Direktzahlungen und so genannten „anderweitigen Verpflichtungen“ geschaffen. Mit diesem Werkzeug soll Einfluss auf die Landwirte ausgeübt werden um Gesetze und Verordnungen des Umwelt-, Verbraucher- und Tierschutzes besser einzuhalten. Die Nachhaltigkeit und Umweltverträglichkeit der Wirtschaftsweise und Produktionstechnik und deren Nachweis sind dadurch gesellschaftliche Zielstellung geworden.

Der unternehmerische Handlungsspielraum der Landwirte wird damit eingeschränkt und die Suche nach effizienteren Produktionsmethoden bei Erfüllung aller eingangs beschriebenen Forderungen gewinnt an Bedeutung.

Teilflächenspezifische Produktionsmethoden im Pflanzenbau werden als größtes Potential des wissenschaftlichen Fortschritts in der gegenwärtigen Zeit für die Landwirtschaft bezeichnet. Die Besonderheit gegenüber bisherigen Produktionstechniken besteht darin, dass umfangreiche spezifische Daten über den Standort und den Pflanzenbestand kleinräumig erfasst, zugeordnet und genutzt werden können. Statische und dynamische Informationen beider Kompartimente fließen zusammen und können in einer bisher nicht möglichen Form analysiert und inhaltlich verknüpft werden.

Zur teilflächenspezifischen Pflanzenproduktion gehört nicht nur, für jede Maßnahme die jeweilige geometrische Lageposition in einem Feld genau zu erfassen. Es gilt auch, an jedem Ort die jeweiligen Zielwerte verschiedener Aktionen möglichst exakt zu bestimmen und ökonomisch und ökologisch ausgerichtete Sollwerte vorzugeben. Dieser geometrisch und thematisch präzise Landbau bedingt also neben den Mess- und Regelungstechniken besonders verfeinerte Bewertungs- und Regelungsmethoden für jede Maßnahme (LAMP et al.1998).

In Mecklenburg-Vorpommern sind hinsichtlich der Heterogenität der Ackerflächen und hinsichtlich der Struktur und Größe der Landwirtschaftsbetriebe bzw. der landwirtschaftlichen Dienstleistungsunternehmen die Voraussetzungen für eine teilflächenspezifische Verfahrensgestaltung im Pflanzenbau gegeben. Die Entwicklung, Erprobung und Einführung einzelner Verfahrensabschnitte in Beispielsbetrieben wurde von der LFA seit 1998 beobachtet und begleitet. Ziel der Forschungsarbeiten war dabei nicht die Entwicklung neuer Maschinen und Geräte oder neuer pflanzenbaulicher Managementlösungen. Vielmehr sollte die Anwendbarkeit von Verfahrensabschnitten, nicht Einzelmaschinen, in der Praxis beurteilt werden. Eigene Experimente wurden lediglich zur Grunddüngung angelegt. Als Testbetrieb konnte die Neetzower Agrarhof Peenetal GmbH gewonnen werden. Dieser Agrarbetrieb ist im Rahmen eines Vereins zur Förderung von Precision Farming in Mecklenburg-Vorpommern führend bei der Erprobung dieser innovativen Wirtschaftsweise.

Im Ergebnis der Arbeit sollen Möglichkeiten aufgezeigt werden, Verfahrensabschnitte teilflächenspezifisch zu gestalten. Dadurch müssen Vorteile in Bezug auf die Ökonomie (Erhöhung der Erträge oder/und Reduzierung der Produktionskosten), die Ökologie (Verringerung des Betriebsmitteleinsatzes, Minimierung von Nährstoffausträgen und negativen Umweltwirkungen) sowie einer verbesserten Transparenz und Dokumentation des gesamten Produktionsablaufes nachgewiesen werden können.

2 Technologische Themenfelder der teilflächenspezifischen Bewirtschaftung

2.1 Standort und Fernerkundung

In der landwirtschaftlichen Praxis variieren die Pflanzenerträge räumlich oft sehr stark. Die einheitliche Versorgung der Flächen mit Nährstoffen, Pflanzenschutz- und anderen Betriebsmitteln hat bei differenzierter Abfuhr von Ernteerträgen zur Folge, dass lokale Über- oder Unterversorgung der Nutzpflanzen zu Austrägen in die Umwelt bzw. Mangelercheinungen im Boden oder unzureichender Effektivität von Bewirtschaftungsmaßnahmen führt.

Diese Variation kann ursächlich auf die verschiedenste Weise hervorgerufen werden. Relief und dauerhafte Bodeneigenschaften (Bodenart, Humusgehalt, Mikroklima etc.) in Verbindung mit Witterungseinflüssen stehen unbestritten in sehr engem Zusammenhang zum Pflanzenwachstum. Die Ertragsfähigkeit oder Belastbarkeit des Standortes kann unter Ansatz dieser Faktoren als gegeben betrachtet werden.

Nutzungsart, Fruchtfolge oder mittelfristig veränderliche Nährstoffvorräte lassen sich in angemessenen Zeiträumen beeinflussen. Erfolge bestimmter Bewirtschaftungsmaßnahmen sind jedoch nicht einfach nachweisbar. Ganz anders verhält es sich bei kurzfristig schwankenden mobilen Nährstoffvorräten (löslicher Stickstoff) oder ähnlichen Eigenschaften. Hierbei sind direkte Wechselwirkungen zwischen Einflussfaktor und Pflanzenwachstum vorhanden (LAMP et al. 1998).

Gegenwärtig wird zielgerichtet daran gearbeitet, das standortbedingte Ertragspotential vorherzusagen. In einer Bodeninventur werden entsprechende Ausgangsinformationen erfasst. Dazu zählen: Daten aus der Bodenschätzung, Messung der elektrischen Leitfähigkeit, digitale Geländemodelle, spektrale Nah- und Fernerkundung, Erfassung des Boden- bzw. Pflanzenwasserhaushaltes, gegebenenfalls weitergehende Untersuchungen zum Relief und zum Bodenprofil.

Die Verbreitung der einzelnen Böden kann in Bodenkarten dargestellt werden. In Verbindung mit anderen Faktoren, z.B. Relief oder Lokalklima, die sich auf das Pflanzenwachstum auswirken, entstehen Standortkarten (MÜLLER et al. 1980). Karten aus der Reichsbodenschätzung liegen in unterschiedlicher Qualität und Vollständigkeit vor. Zum Teil sind sie bereits digitalisiert. Die zuverlässigsten Angaben werden zur Bodenart getroffen. Bezüglich Entstehung und Zustandsstufe sind durchaus Abweichungen zu erwarten. In ihrer Einheitlichkeit und Vollständigkeit gibt es zurzeit jedoch kein vergleichbares Material. Die Karten aus der Reichsbodenschätzung sind daher eine gute Basis, um mit anderen Untersuchungs- und Bewertungsmethoden daran anzuknüpfen.

Gleichstromgeoelektrische Messmethoden oder die Messung der scheinbaren Leitfähigkeit über induktiv eingebrachte elektrische Ströme ermöglicht Rückschlüsse über die Standortheterogenität bis in 2 m Bodentiefe. Während die Ermittlung bestimmender Bodeneigenschaften durch Bodenprofile oder Beprobung sehr aufwändig und unter praktischen Bedingungen mit einer entsprechenden Rasterdichte nicht durchführbar ist, können solche geophysikalischen Untersuchungen flächendeckend angewendet werden. Zwei Grundprinzipien sind gegenwärtig in der Untersuchung und Erprobung. Bei gleichstromgeoelektrischen Geräten werden Elektroden in den Boden eingebracht. Sie benötigen eine galvanische Ankopplung. Da insbesondere bei Trockenheit oder Bodenfrost zu hohe Übergangswiderstände die Messungen beeinträchtigen, sind die berührungslos arbeitenden elektromagnetischen Verfahren diesbezüglich im Nachteil. Gleichstromgeoelektrische Messungen erlauben allerdings Aussagen zu mehreren Tiefenbereichen des Bodens ohne aufwändige Gerätekalibrierung. Demgegenüber messen auf dem Prinzip der Elektromagnetik basierende Geräte die Reflexion eines induzierten magnetischen Feldes. Die so erstellten Karten müssen standortangepasst geeicht werden. Eine Kartierung einzelner Bodenschichten ist hierbei nicht möglich (LUCK 2001).

Mit den geoelektrischen Untersuchungsmethoden lassen sich relative Substratunterschiede sicher erkennen und abgrenzen. Besonders auf leichten, wasserlimitierten Standorten können mit diesen Verfahren die Karten der Reichsbodenschätzung qualifiziert werden.

Verschiedene Methoden zur Widerspiegelung und Modellierung von bestimmten

Bodeneigenschaften sind noch in der Entwicklung. Darunter fallen spektrale und multispektrale Nah- und Fernerkundung, radar- oder lasergestützte Sensoren oder Aufnahmen mit PC-gesteuerten Digitalkameras. Die Vielfalt der Einflussfaktoren auf die ohnehin schon äußerst heterogenen Bedingungen des Oberbodens, lässt die Entwicklung von Algorithmen zur Bestimmung absoluter Parameter physikalischer oder chemischer Bodeneigenschaften nahezu unmöglich erscheinen. An die Kalibrierung relativer Unterschiede arbeiten verschiedene Institutionen. Neue Geräte mit immer präziseren Messwerten in kürzeren Intervallen werden mittelfristig praxisnutzbare Daten liefern.

Nach den dauerhaften Bodeneigenschaften ist der Boden- bzw. Pflanzenwasserhaushalt die wichtigste Einflussgröße auf das Pflanzenwachstum. Deshalb kommt der Messung, Beurteilung und Vorhersage des pflanzenverfügbaren Bodenwassers ein bedeutender Stellenwert zu.

Das Bodenwasser wird in Gravitations- und Haftwasser unterschieden (MÜLLER et al.1980).

Gravitationswasser versickert in den Bodenporen, Rissen und Gängen oder es befindet sich über schwer durchlässige Bodenschichten als Grund-, Hang- oder Stauwasser. Haftwasser wird durch Absorptionskräfte und Kapillarität festgehalten. Für die Pflanzen ist nur das Wasser verfügbar, welches nicht zu schnell versickert und das nicht mit zu großer Saugspannung im Boden gehalten wird. Die Verfügbarkeit wird durch die Wasserzufuhr, den Wasserverlust, den Abfluss und den zeitlichen Gang der Bodenfeuchtigkeit beeinflusst. Der kleinräumige Wechsel von Bodensubstraten und die Beschaffenheit der Geländeoberfläche führen zu einer Heterogenität bei der nutzbaren Feldkapazität.

Mittels Nachbildung des Reliefs im Computer lassen sich Richtung und Ausmaß der Wasserbewegung im Gelände modellieren. Solche Digitalen Geländemodelle beinhalten Algorithmen zur Definition einzelner Reliefparameter und ihrem Bezug zur Landwirtschaft (GEBBERS, SCHMIDT 1999). Es werden die Beziehung und der Einfluss bzw. die Wechselwirkung von Neigung, Exposition Vertikal-, Horizontalkrümmung, Zufluss-, Abfluss- und Einzugsgebiet, deren Größe und Geländegestaltung zu ober- und unterirdischem Wasserfluss, zur Verdunstung, Strahlung, Erosion, zur Versickerung und anderen Eigenschaften hergestellt. Der daraus errechnete „Topografische Wetness-Index“ (BILL, SCHMIDT 1999) basiert auf der Annahme, dass die Geländeform die Wasserbewegung auf einer Oberfläche und im oberflächennahen Boden bestimmt und somit über die räumliche Verteilung des Bodenfeuchtemusters entscheidet. Geländegestaltung, Bodenparameter und Wasserführung in einem gemeinsamen Modell erhöhen die Genauigkeit für die Abgrenzung von Teilflächen.

Mit verschiedenen kapazitiven und gravimetrischen Methoden wird versucht die Variabilität des Wasserhaushaltes zu messen. Ähnlich wie bei der Widerspiegelung der Bodeneigenschaften kommen Geräte der Nah- und Fernerkundung zum Einsatz. Gegenwärtig ist die zeitlich aktuelle kostengünstige Bereitstellung solcher Daten noch nicht gesichert. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass aktuelle Angaben zur Bodenwasserverteilung die Aussagen der oben beschriebenen Modelle ergänzen.

2.2 Technik und Technologie

Die Entwicklung auf dem Gebiet der Technik verlief in der Vergangenheit rasant. Wie in allen Bereichen der Wirtschaft und des täglichen Lebens hat auch in der Landwirtschaft der Einzug der Mikroelektronik neue und erweiterte technische Möglichkeiten erschlossen. So sind in allen pflanzenbaulichen Betriebszweigen elektronisch steuer- und regelbare Geräte praxistauglich. Am weitesten fortgeschritten ist die Entwicklung für den Mähdruschfruchtanbau. Getreide oder Raps können technologisch bereits durchgängig teilflächenspezifisch bewirtschaftet werden.

Die in Tabelle 1 aufgelisteten Möglichkeiten spiegeln nur einen in der landwirtschaftlichen Praxis beobachteten oder der Literatur entnommenen Überblick wider. Die Funktionsweise, -genauigkeit und Zuverlässigkeit der Geräte wurde nicht untersucht und kann daher nicht beurteilt werden.

Tabelle 1: Übersicht über Verfahrensabschnitte und teilflächenspezifische Differenzierungsmöglichkeiten

Verfahrensabschnitt	Differenzierung
Bodenbearbeitung	Arbeitstiefe
Düngung	Menge, Anteil einzelner Komponenten
Aussaat	Menge, (Tiefe)
Pflanzenschutz	Spritzbrüheaufwandmenge, (Wirkstoffmenge)
Ernte	Ertragerfassung
Bonituren	Bodensubstrat Chlorophyllgehalt Vegetationsmenge Unkrautverteilung Kornertrag
Nachweisführung	Ort, Zeit Arbeitsstatus Betriebsmitteleinsatz

Für die **differenzierte Bodenbearbeitung** ist die Erprobung eines in der Arbeitstiefe regelbaren Schwergrubbers am weitesten fortgeschritten. Auf der Basis einer Bodenartenkarte, gegebenenfalls in Verbindung mit der Humusversorgung und Grundwasserführung, wird die Bearbeitungstiefe festgelegt. Für sandige, humusarme und ausreichend feuchte Schlagteile empfiehlt sich eine tiefe Bearbeitung (20 bis 25 cm). Auf Böden mit hohem Ton- und Humusgehalt kann durch eine flache Geräteeinstellung (8 – 10 cm) eine Treibstoffeinsparung von 50 Prozent und darüber erreicht werden (VOSSHENRICH 2002, TRÄGER-FARNY 2003). Da die Bodeneigenschaften relativ beständig sind, ist es möglich eine mit den entsprechenden Algorithmen hinterlegte Steuerkarte wiederholt zu verwenden.

In Mecklenburg-Vorpommern bieten sich die Bedingungen für eine teilflächenspezifische Differenzierung der Bodenbearbeitung an. Auf großen Schlägen wechseln die Bodenarten kleinräumig. Kuptiertes Gelände mit teilweisen beträchtlicher Hangneigung trägt nicht nur zu einer erhöhten Erosionsgefahr bei, sondern ist auch Ursache für gravierende Unterschiede in der Wasserversorgung und im Humusgehalt. Die Einflüsse auf den Erfolg der Bodenbearbeitung sind jedoch vielschichtig und lassen sich nicht nur an den Bodeneigenschaften messen.

Dem Verfasser ist kein Landwirtschaftsbetrieb in Mecklenburg-Vorpommern bekannt, in dem teilflächenspezifisch die Bodenbearbeitungstiefe oder –intensität variiert werden.

Demgegenüber kann die **differenzierte Düngung** gegenwärtig als Hauptanwendungsgebiet für Precision Farming angesehen werden. Nahezu alle namhaften Hersteller von Düngerstreuern bieten Geräte an, die eine automatische Regelung der Ausbringmenge ermöglichen.

Die Stickstoffdüngung ist eine Intensivierungsmaßnahme, die unmittelbar auf den Pflanzenbestand wirkt. Bei der Versorgung mit Grundnährstoffen wird eine Düngewirkung sowohl direkt auf die Pflanze als auch auf die Bodenversorgung erzielt. Mit der Kalkung wird dagegen vordergründig die Bodenreaktion beeinflusst. Zusätzlich müssen für die Düngeentscheidung differenzierte Boden- und Witterungsbedingungen und Unterschiede bei der Pflanzenentwicklung sowie des Bestandsaufbaus berücksichtigt werden.

Es ist deshalb nahe liegend, dass nicht nur eine Methode zur Bemessung der teilflächenspezifischen Düngung zur Anwendung kommt.

Grundsätzlich, und nicht nur für die Düngung, kann man Sensor- und Mapping-Systeme unterscheiden. Für das Sensor-System soll beispielhaft der Hydro-N-Sensor genannt werden. Nach photooptischer Messung der Blattfarbe des Kulturpflanzenbestandes werden Rückschlüsse

auf den Chlorophyllgehalt und damit die Stickstoffversorgung abgeleitet. Unter Einbeziehung des Blattflächenindex wird online eine Düngeempfehlung berechnet und an den direkt angeschlossenen Steuercomputer des Düngerstreuers weitergeleitet. Der Anwender hat lediglich die Aufgabe, das Gerät zu kalibrieren sowie fakultativ eine Begrenzung von Mindest- bzw. Höchstmengen festzulegen. Die ortsspezifische Regelung der Düngermenge erfolgt auf Basis der Messwerte automatisch und im gleichen Arbeitsgang mit der Erfassung der Messwerte und der Ausbringung des Düngers. Neben dem Hydro-N-Sensor sind noch weitere Geräte zur Erfassung von Pflanzenbestandsmerkmalen in der Entwicklung und Erprobung.

Ein typisches Beispiel für das Mapping-System ist die Kalkung nach einer Streukarte, die auf der Grundlage georeferenzierter Bodenuntersuchungen erstellt wurde. Hierfür werden Analysewerte mit einer digitalisierten Bodenartenkarte im Büro zu Düngeempfehlungen verarbeitet und in eine Anweisungskarte umgewandelt. Diese Datei dient mit Hilfe von GPS zur Steuerung der Düngermenge. Für die Kalkung sind die Einflussfaktoren relativ einfach zu erfassen. Der Einstieg in ortsspezifische Düngeverfahren kann damit empfohlen werden.

Bezüglich der Versorgung mit Grundnährstoffen wirken Entzug durch Ernteabfuhr, Verluste durch Auswaschung, Nährstoffzufuhr über Ernterückstände und die Dynamik im Boden komplex zusammen. Für die ortsspezifische Berechnung des Düngebedarfes sollten aktuelle und ausreichend kleinräumig differenzierte Nährstoffkarten, Ertragszonen zur Berechnung der Bilanz aus Abfuhr und Bedarf und eine qualifizierte Düngeempfehlung z.B. der LUFA verwendet werden. Die Umsetzung solcher Algorithmen in Streukarten und die praktische Düngung sind problemlos möglich.

Die Beziehungen zwischen der Bodengüte oder dem Standort und einer **differenzierten Aussaatmenge** konnten in Parzellenversuchen nicht eindeutig nachgewiesen werden. Trotzdem gibt es in der Praxis Erfahrungen, wonach eine Verringerung der Aussaatmenge auf sandigen zur Trockenheit neigenden Schlagteilen zu einer geringeren Ährendichte führt. Dadurch soll ein dem Wasserhaushalt der Teilfläche angepasster Pflanzenbestand etabliert, Ertragsverluste bei Trockenheit vermieden und eine Verbesserung der Kornqualität erreicht werden (HIRSCHNER 2004).

Als Teilprojekt Bestandesführung und differenzierte Aussaat (ROTH und KÜHN 2002) des Verbundprojektes „pre argo“ wurde ein Algorithmus zur Berechnung der Saatmenge veröffentlicht. Darin enthalten sind die Abschätzung des Ertragspotentials aus Niederschlagserswartung, Bodeninformation, Relief und Region, die Anpassung zu einem „realen“ Ertragsziel aus dem Sortentyp, der Stellung in der Fruchtfolge und des Ertragsaufbaus über Pflanzendichte, Beährung und Einzelährenertrag sowie die Berechnung der Saatmassen unter Einbeziehung der gewünschten Ährenzahl, der Feldaufgangsrate und einer Abschätzung der Pflanzenverluste im Winter. Dieser Weg erscheint dem Verfasser als nicht realistisch. Viele Einflussfaktoren können zum Entscheidungszeitpunkt nicht annähernd genau genug geschätzt werden. Aus anderen Untersuchungen ist bekannt, dass ein direkter Zusammenhang zwischen Saatmenge, Pflanzenanzahl, Ährendichte und Ertrag nicht nachweisbar ist.

Ein zweiter Schwerpunkt unter den Bedingungen Mecklenburg-Vorpommerns bildet die Differenzierung der Saatmenge auf kuperten Flächen. Unter ungünstigen Witterungsbedingungen, wie sie während der Aussaat nicht selten zu erwarten sind, kommt es auf Bergkuppen und lehmigen Schlagteilen oft zu einer Verringerung der Feldaufgangsrate. Mit Hilfe von digitalen Geländemodellen und Bodenkarten lassen sich gefährdete Gebiete modellieren und entsprechende Steuerkarten für eine Erhöhung der Aussaatmenge oder eine tiefere Saatgutablage generieren. Für die technische Realisierung werden noch nicht von allen Drillmaschinenherstellern Lösungen angeboten.

Die Entscheidung zur Bekämpfung bestimmter Pflanzenkrankheiten und Schädlinge bzw. über den Einsatz von Herbiziden oder Wachstumsregler muss oft kurzfristig nach Feststellung eines entsprechenden Befalls getroffen werden. Die Schaderreger oder Anwendungsbedingungen sind meistens nicht einheitlich auf der gesamten Fläche verteilt. Daraus resultiert der theoretische Vorteil einer **differenzierten Anwendung von Pflanzenschutzmittel**.

Für die praktische Erprobung eines teilflächenspezifischen Pflanzenschutzes lassen sich verschiedene Ansätze finden:

- Einzelne Unkräuter oder Schadorganismen treten relativ ortsfest auf. So lassen sich Befallsgebiete, z.B. bestimmter Problemunkräuter, wie Quecke, Distel oder Klettenlabkraut kartieren und zu einem Zeitpunkt gezielt bekämpfen, wenn sie sich optisch kaum vom Nutzpflanzenbestand unterscheiden. Hierbei erfolgt die Regelung ausschließlich in Behandlung und keine Behandlung.
- Für Maßnahmen, bei denen die Applikationsmenge dem Befallsgrad oder Merkmalen des Pflanzenbestandes angepasst wird, z.B. Wachstumsreglereinsatz nach Vegetationsmasse, erfolgt die Dosierung über eine Regulierung der Brüheaufwandmenge. Hierbei sind die Handlungsspielräume sowohl durch die Anwendungsvorschriften der Mittel, die Wirksamkeit (Mindestbenetzung bei reduzierter Menge) als auch der automatisierten Bonitur der Anwendungsvoraussetzungen eingeschränkt. Sensoren zur Ermittlung der Vegetationsmasse z.B. der Pendelsensor oder zur automatischen Erkennung von Unkräutern sind in der Erprobung. Für die technische Realisierung bieten noch nicht alle Hersteller geeignete Geräte an.
- Ein anderer Ansatz bei der Entwicklung von Geräten ist die direkte Einspritzung einzelner Wirkstoffe in die Applikationsdüse von Pflanzenschutzspritzen. Dadurch können Aufwandmengen und Mittelkombinationen unabhängig von der Brühemenge und dem Spritzdruck ausgebracht werden. Eine Praxisreife ist zurzeit noch nicht gegeben.

Insgesamt hängt teilflächenspezifischer Pflanzenschutz maßgeblich von der automatischen Erfassung der Anwendungsbedingungen und der Umsetzung in Ausführungsalgorithmen ab. Dafür besteht noch erheblicher Forschungsbedarf. Für die Einhaltung von Abstandsregelungen oder die Ausgrenzung von Sperrflächen und die exakte Nachweisführung von Behandlungsmaßnahmen bestehen bereits praxistaugliche Lösungen.

Im Gegensatz zu den bisher beschriebenen Verfahren bietet die **Ertragskartierung** nicht die Möglichkeit, aktiv auf den Pflanzenbestand Einfluss auszuüben. Dennoch ist sie untrennbar mit allen Abschnitten verbunden. Die Ertragskartierung dient in erster Linie der Erfolgskontrolle über acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen. Durch die räumliche Zuordnung von produktionstechnischen Aufwendungen zum Ernteertrag lassen sich diese wirtschaftlich und ökologisch werten. Gleichzeitig lassen sich Ertragskarten in Verbindung mit anderen Datengrundlagen, wie z.B. Bodenartenkarten, Luft- oder Satellitenbildern, Geländemodellen, zur Entscheidungsfindung über Intensität und Umfang der Differenzierung von Folgekulturen nutzen.

Nahezu alle Mähdrescherhersteller bieten Ertragskartierungssysteme an. Die Geräte sind mit ausreichender Genauigkeit praxistauglich. Für die Qualität der Daten ist eine regelmäßige Kalibrierung und Wartung der Einheiten unverzichtbar. Nach der Ernte sollte unbedingt eine Plausibilitätsprüfung der Daten, gegebenenfalls eine Korrektur mit entsprechenden Wiegewerten und eine Dokumentation von Besonderheiten erfolgen. Fehler in archivierten Rohdateien können später meistens nicht mehr ermittelt und beseitigt werden.

2.3 Entscheidungskriterien

Bedingt durch den Sachverhalt, dass landwirtschaftlicher Pflanzenbau großflächig auf heterogenen Standorten unter freiem Himmel statt findet, sind die Einflüsse, die auf den Erfolg einer Maßnahme wirken, sehr schwer zu abstrahieren. Die Entwicklung von Kriterien und Algorithmen zur Beurteilung von Umwelteinflüssen und Intensivierungsmaßnahmen ist oft wesentlich schwieriger als die Verwirklichung technischer Steuerungen und Verfahrenslösungen. So kommt der Wahl der Methode zur Differenzierung eines Bearbeitungsganges oder eines Betriebsmitteleinsatzes eine entscheidende Rolle zu. Nicht alle Bedingungen können in wissenschaftlichen Fragestellungen untersucht und allgemeingültige Empfehlungen abgeleitet werden. Die Erfahrungen des Landwirtes über spezifische betriebliche Gegebenheiten sollten unbedingt in Entscheidungsvorgänge einfließen.

Die präzise Heterogenitätserfassung von Relief und Böden in Ackerschlägen spielen für die ortsspezifische Pflanzenproduktion eine zentrale Rolle (LAMP et al. 2002). Grundsätzlich verfügbar für alle Standorte sind die Unterlagen der Reichsbodenschätzung. Mit ausreichender Genauigkeit lassen sich aus den digitalisierten Bodenartenkarten Rasterkarten für die weitere Arbeit erstellen. Mit Verfahren der Geoelektrik, spektraler Naherkundung, mit Geländemodellen oder mit der Darstellung des Wasserhaushaltes lassen sich die Bodenartenkarten ergänzen oder

verbessern. Ertragskarten qualifizieren ebenfalls vorhandene Differenzierungen. Für eine ausreichende Aussagekraft müssen jedoch mehrjährige Analysen gleicher Fruchtarten vorhanden sein. Die Zusammenfassung zu Ertragszonenkarten sollte sowohl auf Basis der Bodenarten als auch neutral zu anderen Einflüssen erfolgen. Als Ausgangswert für Berechnungsalgorithmen dürfen ausschließlich abgrenzbare, leicht erfassbare und plausible Daten genutzt werden. Beispielweise ist es einfacher Nährstoffanalysen mit Bodenarten zu kartieren, als aus Satellitenaufnahmen die Verteilung der Vegetationsmasse darzustellen. Die Abgrenzung der Polygone sollte eindeutig erfolgen. Die Übergänge verlaufen im Boden oder im Pflanzenbestand in jedem Fall fließend. Für viele Maßnahmen lassen sich jedoch nur relativ grobe Abstufungen wissenschaftlich belegen, so dass 3 bis 5 Intensitätsgruppen in der Regel auf einem Schlag ausreichen.

Kleinräumige automatische Messungen und Bonituren der Boden- und Bestandeseigenschaften sind für die aktive Steuerung von Arbeitsgeräten zukünftig unverzichtbar. Daneben müssen Anwendungsvorschriften und Empfehlungen die Differenzierung der Maßnahmen erlauben. Mit Ausnahme des Hydro-N-Sensors ist jedoch noch kein Verfahren praxisreif.

Moderne Softwarelösungen und technische Entwicklungen gestatten es eine Vielzahl von Informationen einer definierten Fläche zuzuordnen. Um acker- und pflanzenbauliche Entscheidungen zu treffen, können nicht alle Informationen mit gleicher Wichtigkeit verarbeitet werden. Deshalb muss das Erfahrungswissen des Landwirtes in die Vorgaben einfließen.

2.4 Managementsysteme

Unter Management wird das Führen eines Unternehmens bzw. eine Vorgangsteuerung verstanden. Im Pflanzenbau bezeichnet man Grundprinzipien der Boden- und Bestandesführung, die in ihrer Art und Intensität an die Standort- und Wachstumsbedingungen angepasst sind, als Managementsysteme. Im Precision Farming werden diese Systeme nicht für ganze Schläge, sondern für jeweils deren Teilflächen angewandt. Pflanzenbausysteme sind vielen äußeren Einflüssen, wie z.B. Witterung oder Krankheitsauftreten, ausgesetzt. Aus diesem Grund müssen sie ständig an die Gegebenheiten angepasst und aktualisiert werden. Die dafür entwickelten Werkzeuge wie Anwendungsempfehlungen, Algorithmen und Richtwerte lassen sich nur selten ohne die Erfahrung des Landwirtes über seinen Standort benutzen.

In den vergangenen Jahren wurde eine Fülle von Möglichkeiten entwickelt und getestet, um biologische und physikalische Boden- und Bestandeseigenschaften zu Erfassen, zu Bewerten und in Steuerungsalgorithmen für Landmaschinen zu überführen. Die technischen Möglichkeiten und die Auswahl von Entscheidungskriterien wurden im vorangegangenen Teil der Arbeit bereits beschrieben. Eine durchgängige teilflächenspezifische Bewirtschaftung unter Ausschöpfung aller Möglichkeiten der Informationserfassung und Verarbeitung erscheint bei der gleichzeitig wirkenden Fülle von unkontrollierbaren äußeren Einflüssen nicht realisierbar.

Der Verfasser ist der Meinung, dass Landwirte in vorhandene fruchtarten- oder schlagbezogene Managementsysteme ihres Betriebes einzelne Abschnitte der Boden- und Bestandesführung teilflächenspezifisch integrieren sollten. So ist es möglich, die Konzentration auf einen Verfahrensabschnitt zu richten, Investitionen für erforderliche technische Voraussetzungen zu begrenzen und eine gezielte Erfolgskontrolle durchzuführen. Erst bei erfolgreicher Etablierung der ersten Technologie sollte der Anwendungsumfang weiter ausgedehnt werden. Wichtig bleibt bei allen Entscheidungen, dass ortsspezifische Maßnahmen mit dem betrieblichen System der Boden- und Bestandesführung nicht im Widerspruch stehen, sondern als Ergänzung und zur Effektivitätssteigerung in Verfahren integriert werden.

2.5 Datenmanagement

Die Führung einer computergestützten Schlagkartei stellt für viele Landwirte schon eine erhebliche Herausforderung dar. Sowohl in den Datenformaten als auch in den Inhalten kommt es bei diesen Systemen auf einen hohen Verallgemeinerungsgrad an. Die Umstellung auf teilflächenspezifische Bewirtschaftung erfordert in der Regel die Verwendung georeferenzierter Einzeldaten. Diese nehmen eine zentrale Rolle innerhalb des Managementsystems ein. Die komplexen Abhängigkeiten im Pflanzenbau, das Wissen und die Erfahrungen des Landwirts, des Beraters oder wissenschaftliche Erkenntnisse müssen an die Daten angekoppelt werden. Die Software wird

dabei zum Rückrat von Entscheidungen.

Während sich Agrarsoftwareentwickler nicht auf kompatible Formate einigen können und Projekte wie das „Landwirtschaftliche-Bus-System“ als gemeinsame Schnittstelle zwischen einzelnen Softwarewerkzeugen oder „Agro XML“ als gemeinsame Kommunikationsplattform nicht in die breite Praxis überführt werden, müssen die Anwender vor allem entscheiden, welche Informationen mit welcher Wichtung für die Differenzierung einzelner Maßnahmen herangezogen werden. Das überfordert meist einzelne Landwirte. Betriebe, die bei der teilflächenspezifischen Bewirtschaftungsmethode in Mecklenburg-Vorpommern führend sind, haben für die Organisation des Datenmanagements entweder einen spezialisierten Mitarbeiter angestellt oder einen entsprechenden Dienstleister vertraglich gebunden. Der Betriebsleiter hat die Möglichkeit die fachlichen Entscheidungen zu treffen. Zeitaufwändige und Arbeiten die spezifische Informatikkenntnisse erfordern, um solche Entscheidungen umzusetzen, werden dann von Spezialisten ausgeführt.

In der Literatur werden verschiedene Softwarelösungen angeboten. Dem Verfasser ist kein Programm bekannt, womit gegenwärtig Flächenverwaltung, Standortcharakterisierung, die Erfassung und Archivierung acker- und pflanzenbaulicher Informationen, die Verarbeitung dieser Informationen unter Einbeziehung wissenschaftlicher Empfehlungen und Algorithmen, die Erstellung von Steuerkarten für Arbeitgeräte und die Nachweisführung durchgängig bearbeitet werden können. Deshalb ist es ebenso wichtig, wie die Vorbereitung technischer Lösungen für den Einstieg in Precision Farming, ein Konzept für das Datenmanagement zu erstellen.

2.6 Umwelleistungen

Intensiv genutzte Landwirtschaftsgebiete sind besonders durch zwei Typen von Umweltbelastungen gekennzeichnet. Durch die Vergrößerung der Schläge, Regulierung der Gewässer und den Ausbau des Straßennetzes werden Biotope und wildlebende Pflanzen- und Tierarten zurück gedrängt. Der flächendeckende Eintrag von Dünge- und Pflanzenschutzmittel führt zur Anreicherung im Boden, im Grund- und im Oberflächenwasser (HABER 2002). Teilflächenspezifische Bewirtschaftungsmethoden wirken in Bezug auf den ersten Typ nur indirekt und in begrenztem Umfang.

Eine kleinräumige, dem Standort angepasste Intensität ermöglicht jedoch besser als jedes konventionelle Herangehen den bedarfsgerechten Einsatz von Betriebsmitteln. In erster Linie trifft das für die mineralische Düngung zu. Die differenzierte Kalkung, entsprechend des in der Nährstoffkarte ortsspezifisch dokumentierten pH-Wertes, führt zu einem Ausgleich der Bodenreaktion auf dem gesamten Schlag. Die Pflanzenverfügbarkeit und Bodendynamik anderer Nährstoffe wird schon allein dadurch verbessert. Ertragskartierung in Verbindung mit Bodenarten- und Nährstoffkarten ist die Grundlage für eine kleinräumige Bilanzierung von Phosphor und Kali. Durch eine bessere Verteilung der Düngermenge auf dem Schlag kann ein unerwünschter Austrag in die Umwelt verringert werden. Höhere Erträge oder Reduzierung der Aufwandmengen begünstigen nicht nur die Ökologie, sondern sind ökonomische Voraussetzung für einen dauerhaft erfolgreichen Pflanzenbau.

Der größte Nutzen für die Umwelt kann bei der Stickstoffdüngung erzielt werden. Nitrat, als leicht lösliche Verbindung, ist Bestandteil vieler Düngemittel und wird aus Umsetzungsprozessen des Bodens freigesetzt. Bei einem Überangebot kann es sehr schnell in tiefere Bodenschichten, bis hin zum Grundwasser, verlagert werden. Gerade die N-Freisetzung im Boden wird stark vom Humusgehalt und der Witterung beeinflusst. Verschiedene Methoden sind für die Berechnung einer N-Düngeempfehlung anerkannt. Für eine teilflächenspezifische Differenzierung bieten sich Bodenartenkarten oder mehrjährige Ertragszonen als Ausgangsflächen an. Darauf können dann Modelle wie beispielsweise die Stickstoffbedarfsanalyse, das N_{\min} -Verfahren, der Hydro-N-Tester oder das Simulationsmodell MINERVA angewendet werden. Der Hydro-N-Sensor als online-Verfahren bietet beste Voraussetzungen, nach Messung der Pflanzenversorgung, den Düngebedarf zu regulieren. Jedoch steuert dieses Gerät lediglich die Differenzierung um einen vorgegebenen Ausgangswert. Die Kalibrierung bleibt für den Erfolg ausschlaggebend.

Um Belastungen für Grund- und Oberflächengewässer zu verringern, werden vorhandene Düngeempfehlungen zur Bemessung des Düngezeitpunktes und der Nährstoffgabe nicht ersetzt. Die teilflächenspezifische Differenzierung, entweder entsprechend Streukarte oder

sensorgesteuert, ist nur so gut, wie es gelingt, den Stickstoffbedarf vorzuschätzen.

3 Untersuchungen zur teilflächenspezifischen Grunddüngung

Die Entwicklung, Erprobung und Einführung einzelner Verfahrensabschnitte in einem Beispielsbetrieb wurde von der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern seit 1998 beobachtet und begleitet. Ziel der Forschungsarbeiten war die Beurteilung der Anwendbarkeit von Verfahrensabschnitten, nicht Einzelmaschinen, in der Praxis. Eigene Experimente wurden zur Grunddüngung angelegt. Als Testbetrieb konnte die Neetzower Agrarhof Peenetal GmbH gewonnen werden. Dieser Agrarbetrieb ist im Rahmen eines Vereins zur Förderung von Precision Farming in Mecklenburg-Vorpommern führend bei der Erprobung dieser innovativen Wirtschaftsweise.

3.1 Vorstellung des Referenzbetriebes

Im Rahmen der Forschungsaufgaben zu Precision Farming erfolgten alle Untersuchungen der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern im Landwirtschaftsbetrieb Neetzower Agrarhof Peenetal GmbH.

Die Neetzower Agrarhof Peenetal GmbH begann 1998 mit der Anschaffung von Technik zur Erprobung von Verfahrensabschnitten für Precision Farming (LITTMANN, W. 2002). Dabei standen die Ertragserfassung und Düngung im Vordergrund. 1999 gründeten Landwirtschaftsbetriebe, Softwareentwickler und weitere Interessenten den „Verein zur Einführung der teilflächenspezifischen Landbewirtschaftung“ e.V. Ziel der Zusammenarbeit war der Erfahrungsaustausch bei der Erprobung und Einführung von technischen Lösungen, die gemeinsame Entwicklung und Vervollkommnung neuer Geräte, Software und Verfahrensabläufe sowie die Schulung und Ausbildung der Mitarbeiter.

Die Neetzower Agrarhof Peenetal GmbH ist ein Marktfruchtbetrieb im Landkreis Ostvorpommern westlich von Anklam. Der Betrieb wirtschaftet unter für einen Großbetrieb Mecklenburg-Vorpommerns typischen Rahmenbedingungen (Tabelle 2).

Tabelle 2: Betriebsspiegel der Neetzower Agrarhof Peenetal GmbH

Natürliche Produktionsbedingungen			
Standorteinheiten	D3; D4; D5;		
Mittlere Bodenwertzahl	44 (12 bis 60)		
Vorhandene Bodenarten	S; SI; IS; SL; sL; L		
Mittlere Niederschlagsmenge	510 mm		
Mittlere Jahrestemperatur	8,2 °C		
Anbaustruktur Mittel 1998 – 2002	Ha	% zur AF	dt/ha
Getreide	1211	65	76,9
dar. Winterweizen	768	41	76,6
Wintergerste	302	16	75,3
Winterraps ges.	370	20	41,6
Stilllegung o. NR	172	9	
Zuckerrüben	49	3	503
sonstige	56	3	
Gesamtfläche	1858		
Technische Ausstattung			
Schlepper		Bodenbearbeitungsgeräte	
4 Stück	150 bis 200 KW	2 Beetpflüge mit Packer	
5 Stück	90 bis 120 KW	1 Scheibenegge	7,5 m AB
7 Stück (ältere)	30 bis 75 KW	1 Tiefenmeißel	1,8 m AB
		2 Gräte zur Saatbettbereitung 9 und 6 m AB	
Bestell-, Dünge- und Pflorgetechnik		1 Cambridgewalze 9 m AB	
1 Drille pneumatisch	9 m AB		
2 Düngerstreuer	27 m AB	Erntetechnik	
1 Kalkstreuer	27 m AB	4 MD Case	6,1 und 6,7 m AB
1 Selbstfahrspritze	27 m AB	1 Überladewagen	12 m³
2 Mulchgeräte	3,9 und 2,1 m AB	5 HW 80 Transportzüge	
GPS-Technik			
6 GPS-Empfänger Trimble 1 GPS-Empfänger Leica			
4 Ertragsmesssysteme Case			
3 landtechnikherstellerunabhängige Schleppercomputer			

Alle Steuerrechner der Arbeitsgeräte sind GPS fähig.	
Arbeitskräfte	
13 ständige Arbeitskräfte gesamt	dav.: 8 Produktionsmitarbeiter

3.2 Aktivitäten der Neetzower Agrarhof Peenetal GmbH zur Einführung von Precision Farming

Bereits 1997 begann die Neetzower Agrarhof Peenetal GmbH ihre gesamte Betriebsfläche mittels GPS zu vermessen und zu kartieren. Digitalisierte Karten der Reichsbodenschätzung bildeten die Grundlage für die Einteilung der Betriebsfläche in Probenahmepolygone. Orientiert an den Bodenarten erfolgte die Abgrenzung von 1234 Beprobungsflächen mit einer Durchschnittsgröße von je ca. 1,5 Hektar. Die georeferenzierte Entnahme der Bodenproben erfolgte im Zeitraum von 1998 bis 1999. Alle Proben wurden auf Ton-, Humus-, Makronährstoffgehalt (pH, P₂O₅, K₂O, MgO) und Mikronährstoffgehalt (B, Cu) untersucht und einer Bodenartengruppe entsprechend des Tongehaltes und des Feinerdeanteils nach LUFA zugeordnet (SCHWEDER et al. 1998).

Bereits zur Ernte 1997 testete der Betrieb ein Ertragsmesssystem mit Erfolg. Daraufhin wurden ab 1998 alle Mährescher mit Ertragerfassung ausgerüstet. Die Daten liegen lückenlos vor.

Im Herbst 1998 erfolgten die ersten Versuche teilflächenspezifischer Düngung. Sowohl bei der Entwicklung technischer Lösungen als auch bei der Anpassung und Erprobung von Hard- und Software arbeitete der Betrieb Neetzow mit verschiedenen Anbietern und wissenschaftlichen Einrichtungen zusammen. Trotz intensiver Bemühungen blieb die teilflächenspezifische Düngung bis 2002 auf Versuchsflächen beschränkt.

Ab 1999 bestehen die Voraussetzungen zur Ansteuerung der Pflanzenschutzspritze nach Vorgabe einer Applikationskarte. Erprobt wurden damit die teilflächenbezogene Bekämpfung von relativ ortsfesten Problemunkräutern und die Einsatzmöglichkeiten der Pflanzenschutzmaschine bei Dunkelheit. Mit dem ersten Projekt konnte nachgewiesen werden, dass bei boniturgestützter Quecken- oder Distelbekämpfung Pflanzenschutzmitteleinsparungen von mehr als 30 Prozent möglich sind (LITTMANN, CH. 2001). Die Durchführung von Pflanzenschutzarbeiten in den Abend- und Nachtstunden hat unter den Bedingungen Mecklenburg-Vorpommerns den Vorteil, dass die Windintensität zu diesen Zeiten meistens nachlässt und die vorgegebenen Grenzwerte diesbezüglich vielfach nur dann unterschritten werden können. Im Ergebnis der Versuche wurde darüber hinaus die Möglichkeit der Mitteleinsparung bei Fungiziden nachgewiesen. Es wird davon ausgegangen, dass nachts die Benetzung der Blätter bzw. die Wirkstoffaufnahme intensiver ist, als zu Tageszeiten, an denen die Pflanzen ohnehin einem bestimmten Stress unterliegen (LITTMANN, W. 2001).

Zur Aussaat 2000 erfolgte die Ausrüstung der Drillmaschine zur GPS-gesteuerten Variation und zur Protokollierung der Aussaatmenge. 2002 wurde ein Pendelsensor (DAMMER, 2001 und 2002) zur automatischen Erfassung der Vegetationsmasse während der Schossphase angeschafft. Dadurch soll die Möglichkeit geschaffen werden, die Bestandesführung gezielt auf differenzierte Bestandesdichten auszurichten.

Basis der in der Neetzower Agrarhof Peenetal GmbH eingesetzten Software ist das von der CIS GmbH (Gesellschaft für Computerintegration und Softwareentwicklung mbH), mit Sitz in Bentwisch bei Rostock, entwickelte Agrarsoftware-System ADAM. Durch den „Verein zur Einführung der teilflächenspezifischen Landbewirtschaftung“ e.V. erfolgten Entwicklungsarbeiten zur Vervollkommnung des vorhandenen Geoinformationssystems zu einer an die pflanzenbaulichen Belange angepassten Software für die Planung, Maschinensteuerung, Dokumentation einschließlich Schlagkarteiführung, Datenverwaltung und Analyse. Auf einer aus dem GIS zuschaltbaren Plattform sind Module zur Flächenverwaltung, Anbauplanung, Aussaat, Düngung, Pflanzenschutz und Ertragskartierung installiert. Die Erprobung der Programmteile erfolgt im Betrieb Neetzow. Ziel dieser Entwicklung ist ein durch den Landwirt beherrschbares Arbeitswerkzeug zu schaffen, welches ihm ermöglicht sowohl allgemeine Aufgaben der Planung, Dokumentation und Analyse des Ackerbaus als auch spezielle Anforderungen für

teillächenspezifische Bewirtschaftung zu bearbeiten. Große Probleme bereitet die Anpassung von Schnittstellen zu verschiedenen Landmaschinenherstellern und Softwareanbietern.

3.3 Abgrenzung von Ertragszonen

Die natürliche Variabilität eines Standortes lässt sich auf verschiedene Weise definieren. Substrateigenschaften der Krume, Humusgehalt, Relief, Wasserführung, Nährstoffgehalt, spezifische Klimaeinflüsse und anderes mehr, beeinflussen in Wechselwirkung mit der Jahreswitterung sowie den acker- und pflanzenbaulichen Maßnahmen das Pflanzenwachstum. Verschiedene Ansätze zur kleinräumigen Abgrenzung von Planungs-, Bestandesführungs- oder Ertragszonen werden in der Literatur beschrieben. Für die Ermittlung der Heterogenität in der Neetzower Agrarhof Peenetal GmbH wurden alle verfügbaren Daten in Beziehung zum Ertrag gesetzt. Als kleinste Flächeneinheit erwiesen sich die bereits erwähnten Probenahmepolygone der Bodenbeprobung als geeignet (Abbildung 1).

Diese mit Datenbankzeigern versehenen Teilflächen wurden in einer Accessdatenbank folgenden Angaben zugeordnet:

- Geographische Lage (Koordinaten des Mittelpunktes)
- Flächengröße
- Daten aus der Reichsbodenschätzung (Bodenart, Ackerzahl)
- Analyseergebnisse aus der Bodenbeprobung (Bodenart berechnet aus Tongehalt und Feinerdeanteil, pH-Wert, $P_2O_5^-$, K_2O^- , MgO^- , B-, Cu-Gehalt in mg/100g bzw. mg/1000g Boden, die Versorgungsstufe für die einzelnen Nährstoffe nach LUFA).

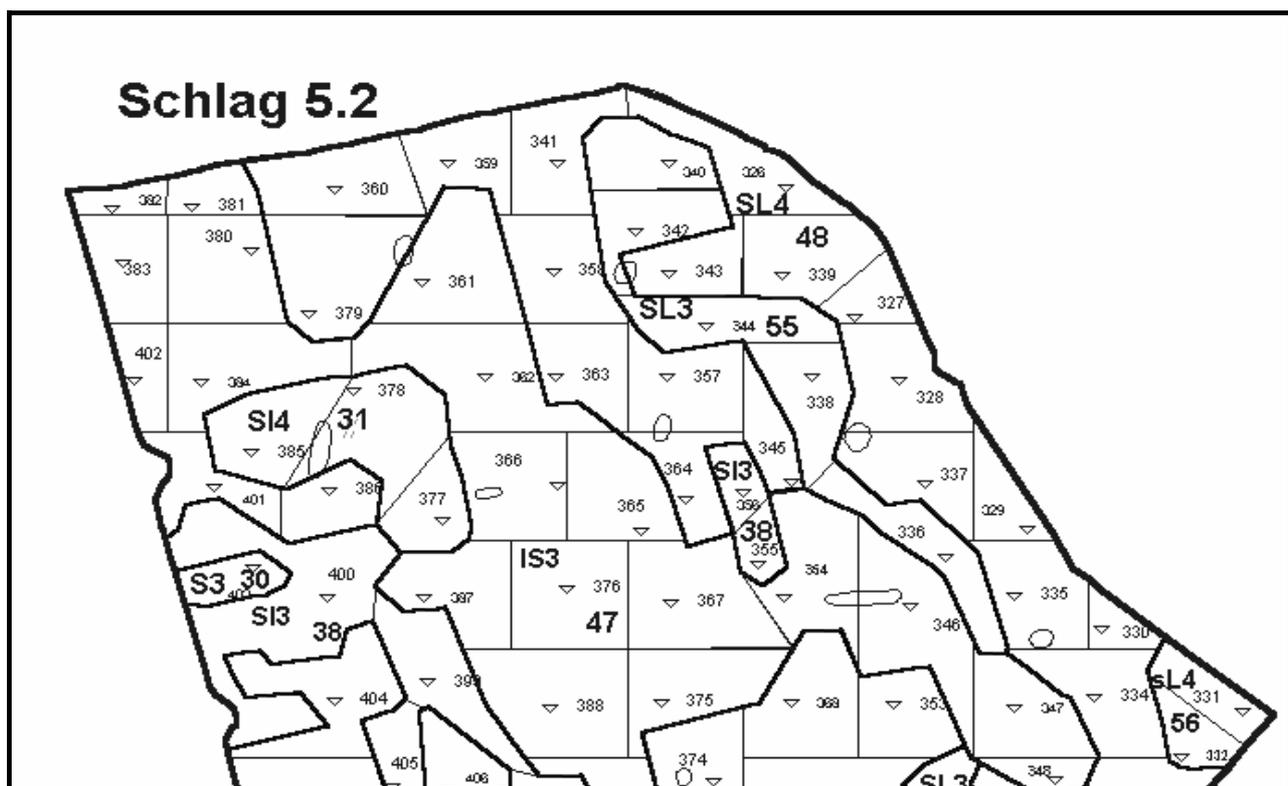


Abbildung 1: Beispiel der Schlageinteilung in Polygone auf Basis der Bodenartengrenzen aus der Reichsbodenschätzung

Mit dem Programm ADAM erfolgt der Import der Ertragsrohdaten. Die Filterung fehlerhafter Aufzeichnungen wurde mit „ExpertFilter“, einem von der CIS GmbH speziell für die Plausibilitätsprüfung von Ertragsrohdaten entwickeltem Programm ausgeführt. Anschließend konnten die Ertragspunkte den Probenahmepolygonen zugeordnet werden. Diese Funktion wurde

extra für die Analyse in das Programm eingefügt und erwies sich bei der Arbeit als außerordentlich hilfreich. Über eine ASCII- bzw. Textausgabefunktion konnten die Durchschnittserträge der Teilflächen, mit Datenbankzeigern und Koordinaten versehen, ausgelesen werden. Alle Daten sind in einem Exceltabellenblatt zusammengefügt worden, um eine statistische Verrechnung durchführen zu können.

Mit dem Programm SAS System, Mixed Procedure erfolgte der erste Varianz- und Regressionsanalytische Vergleich von insgesamt 5.285 Datensätzen.

In einem linearen Ansatz wurde als erstes die Wechselwirkung der Ackerzahl und des Ertrages geprüft. Diese erwies sich als hoch signifikant. Es kann allerdings nicht von einem linearen Anstieg des Ertrages mit steigender Ackerzahl ausgegangen werden. Deshalb erfolgte im zweiten Schritt die Verrechnung mit einem quadratischen Ansatz (Abbildung 2).

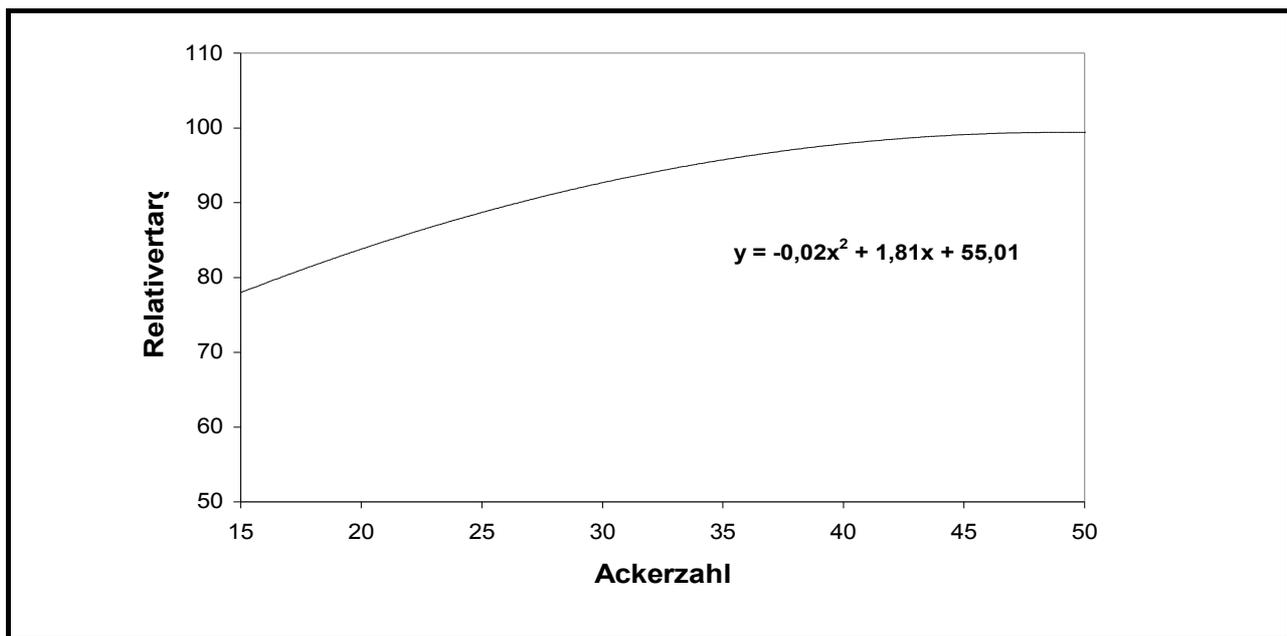


Abbildung 2: Wechselwirkung zwischen Ackerzahl und Relativertrag in der Neetzower Agrarhof Peenetal GmbH – Ertragsdaten von 1998 bis 2002

Der Verlauf der Ertragskurve ist auch hier hoch signifikant. Mit zunehmender Bodengüte wird der relative Ertragszuwachs geringer. Das lässt die Schlussfolgerung zu, dass neben der Ackerzahl weitere Einflüsse wirken. Die Ackerzahl aus der Reichsbodenschätzung ist jedoch durchaus geeignet, um für Precision Farming bei der Abgrenzung von Teilflächen Verwendung zu finden.

In weiteren Untersuchungen erfolgte ein Vergleich der Nährstoffgehaltsklassen aus der Bodenbeprobung mit den Erträgen. Signifikante Ertragseinflüsse konnten für den pH-Wert der Versorgungsstufen A, B und C errechnet werden. In den Stufen D bis F unterscheiden sich die relativen Erträge nicht signifikant. Für Phosphor war entgegen der Ergebnisse aus den Streifenversuchen keine Wechselwirkung zum Ertrag nachweisbar. Demgegenüber übt die Kaliversorgung einen deutlichen Einfluss auf das Pflanzenwachstum aus. Die Wirkung der Magnesiumversorgung lässt sich nur in der Stufe A durch Mindererträge erkennen.

Die ausgewiesenen Wechselwirkungen lassen bei der Fülle der Daten den Schluss zu, dass Einflüsse der Nährstoffversorgung des Bodens auf den Ertrag unter Praxisbedingungen bestehen. Der pH-Wert und der Bodenvorrat mit Makronährstoffen führen in den unteren Gehaltsklassen zu Ertragsminderungen. Auf der Grundlage georeferenzierter Bodenbeprobung lässt sich eine bedarfsgerechte Verteilung der Düngemittel verbessern.

3.4 Versuchsanlage zur teilflächenspezifischen Grunddüngung

1998 wurden auf 3 Schlägen der Neetzower Agrarhof Peenetal GmbH Streifenversuche zur teilflächenspezifischen Grunddüngung konzipiert und angelegt. Zur Auswahl gelangten Feldstücke, die sich in der Bodengüte deutlich voneinander unterschieden. Die Teilstücke der Versuchspartellen sind in der Bodenbeschaffenheit und Nährstoffversorgung relativ einheitlich, weichen jedoch vom Durchschnitt des Schlages ab (Tabelle 3)

Tabelle 3: Vergleich ausgewählter Daten der Versuchsschläge und der Streifenanlagen zur teilflächenspezifischen Grunddüngung

	Schlag 5.2		Schlag 8.2		Schlag 11.5	
	gesamt	Versuch	gesamt	Versuch	gesamt	Versuch
Fläche ha	155	6,2	113	19,9	68	4,1
Bodenart	SI3-SL4	SL4	IS3-SL3	sL4	S3-IS3	SI3
durchschn. AZ	47	48	51	53	36	38
pH	6,4	6,4	6,4	6,0	5,9	5,3
P ₂ O ₅ mg/100g	10,5	7,6	9,4	6,0	12,5	8,1
K ₂ O mg/100g	17,2	13,8	13,7	12,9	15,7	15,5

Jedes Versuchsglied hat eine Breite von zwei Fahrspuren (54 Meter) und erstreckt sich über die gesamte Schlaglänge. Diese Flächen wurden mittels GPS vermessen, so dass sie in den einzelnen Versuchsjahren genau wieder gefunden werden konnten. Alle Messungen, Bonituren und Probenahmen erfolgten im inneren Bereich der Fahrspuren. Dadurch konnten Abweichungen in der Düngung durch Überlappung aus den Nachbarfahrgassen ausgeschlossen werden. Die Ertragsermittlung erfolgte mit dem Case Ertragsmesssystem beim Drusch. Zur Datenaufbereitung wurde das Programm ADAM verwendet.

Es wurden folgende Versuchsglieder konzipiert:

1. Düngung auf Basis des durchschnittlichen Versorgungszustandes und des Zielertrages für den gesamten Schlag. Die Nährstoffmenge wird auf der Grundlage des Bilanzierungsschemas für die Kalkulation einer mineralischen Grunddüngung der LUFA Rostock errechnet (SCHWEDER et al.1998). Nährstofflieferungen aus Ernterückständen werden nicht berücksichtigt.
2. Düngung auf Basis des durchschnittlichen Versorgungszustandes und des Zielertrages der ausgewählten Teilfläche. Die Nährstoffmenge wird auf der Grundlage des Bilanzierungsschemas für die Kalkulation einer mineralischen Grunddüngung der LUFA Rostock errechnet (wie 1.).
3. Düngung auf Basis des Zielertrages ohne Berücksichtigung des durchschnittlichen Versorgungszustandes der ausgewählten Teilfläche. Die Nährstoffmenge wird auf der Grundlage der orientierenden Nährstoffbedarfswerte der Fruchtarten (LUFA Rostock) errechnet. Überträge aus dem jeweiligen Vorjahr werden angerechnet, Nährstofflieferungen aus Ernterückständen werden nicht berücksichtigt.

Neben der Dokumentation der agrotechnischen Maßnahmen erfolgten Bonituren des Bestandes vor Winter, zu Vegetationsbeginn und vor der Reife, sowie Zählung der Bestandesdichte zu den gleichen Terminen. Im Frühjahr wurden Pflanzenproben zur Untersuchung des Nährstoffgehaltes entnommen. Nach der Ernte erfolgte die Bestimmung des Bodengehaltes von Phosphor, Kalium, Magnesium und des pH-Wertes im Oberboden und des mineralischen Stickstoffes in den Zonen 0 bis 30 und 30 bis 60 Zentimeter.

3.5 Ergebnisse der teilflächenspezifischen Grunddüngung

Die Ausgangsbedingungen auf allen Versuchsschlägen ähnelten sich in der Weise, dass sich die Prüfstreifen in der Bodengüte nur geringfügig, im pH-Wert auf zwei Flächen, in der Phosphor- und Kaliversorgung jedoch deutlich vom Mittel des Schlages unterschieden. Jährliche Untersuchungsergebnisse aus der Bodenbeprobung lassen eine erhebliche Variabilität der Nährstoffgehalte erkennen (Abbildung 3). Obwohl die Bodenentnahme mit Ausnahme von 1998 immer in einer lokal begrenzten Fläche erfolgte und die Analyse im gleichen Labor durchgeführt wurde, können weder zum Ertrag noch zum Nährstoffgehalt in der Pflanze oder mit der Düngung Signifikanzen festgestellt werden.

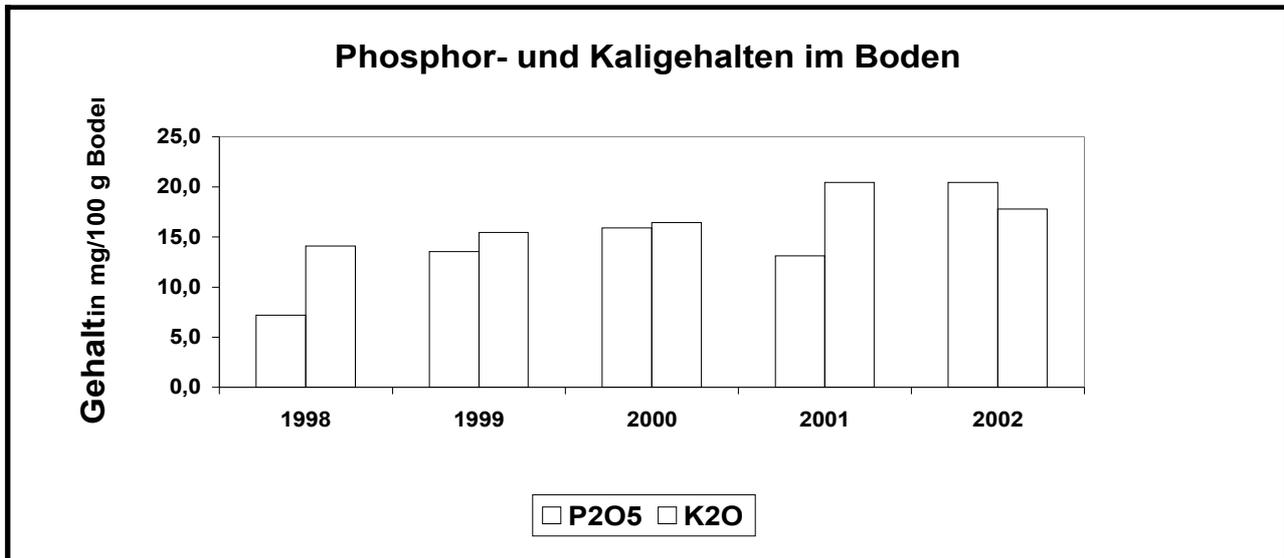


Abbildung 3: Ergebnisse der Bodenuntersuchung in Streifenversuchen

Im Mittel aller Untersuchungen nach der Ernte und aller Schläge wurden bei P₂O₅ 14,5 mg/100 g Boden in Variante 1, 15,0 mg/100 g Boden in Variante 2 und 13,8 mg/100 g Boden in Variante 3 gemessen. Die Düngung betrug 127 kg/ha, 162 kg/ha und 105 kg/ha P₂O₅ jährlich. Die Kaliumgehalte verhielten sich in gleicher Weise differenziert. 17,5 mg/100 g Boden in Variante 1, 17,1 mg/100 g Boden in Variante 2 und 18,0 mg/100 g Boden in Variante 3 standen jährliche Düngungsmengen von 149 kg/ha, 157 kg/ha und 192 kg/ha K₂O gegenüber. Unter diesen Rahmenbedingungen konnte im Untersuchungszeitraum kein Einfluss der Phosphor- und Kalidüngung auf den Bodengehalt beobachtet werden.

Ähnliche Tendenzen zeigten die Werte der Pflanzenuntersuchung (Tabelle 4).

Tabelle 4: Phosphor- und Kaliumgehalt in der Pflanze, Mittelwerte aus den Jahren 1999 bis 2002

Variante / Fruchtart	Wintertraps		Winterweizen		Wintergerste	
	P	K	P	K	P	K
	Gehalt in % (bezogen auf TS)					
1	0,61	2,46	0,47	3,70	0,45	3,98
2	0,58	2,37	0,50	3,64	0,48	4,10
3	0,58	2,45	0,46	3,67	0,43	4,07

Alle Gehaltswerte lagen innerhalb der für eine ausreichende Nährstoffversorgung empfohlenen Richtwerte. Wie schon für den Bodengehalt konnten auch für die Aufnahme in die Pflanzen keine Signifikanzen zur Düngung mit Phosphor oder Kali festgestellt werden.

Alle Maßnahmen zur Bestandesführung einschließlich der Stickstoffdüngung wurden in den Versuchsgliedern einheitlich durchgeführt. Unterschiede im Bestandesaufbau oder bei der Pflanzenentwicklung waren nicht zu erwarten. Ein Einfluss der Düngung ließ sich weder messbar noch als visuelle Bonitur erkennen (Tabelle 5).

Tabelle 5: Anzahl ährentragender Halme, Mittelwerte aus den Jahren 1999 bis 2002

Variante / Fruchtart	Winterweizen nach Winterraps	Winterweizen nach Weizen	Wintergerste nach Weizen
	Ähren / m ²		
1	601	447	564
2	576	471	570
3	568	476	591

Sehr deutlich ist an den Boniturergebnissen die Vorfruchtwirkung des Rapses auf den Winterweizen hervorgetreten. Im Herbst und im Frühjahr entwickelten sich die Bestandesdichten äquivalent zu den Ährenzahlen.

Die Ertragsdaten wurden mit dem Programm SAS Mixed Procedure verrechnet. Im ersten Schritt erfolgte die Testung, ob sich die Ertragsdaten der Versuchsvarianten unterscheiden. Der Unterschied im Relativertrag zwischen der Stufe 1 und der Stufe 3 erwies sich als signifikant. Alle Kombinationen der Schläge, der Jahre oder der Fruchtarten zeigten keinerlei statistisch gesicherten Unterschiede. Für die einzelnen Fruchtarten wurde wegen der geringen Anzahl echter Wiederholungen auf eine statistische Verrechnung verzichtet. Der Vergleich der Mittelwerte lässt jedoch Tendenzen erkennen (Tabelle 6).

Tabelle 6: Ausgewählte Erträge aus Streifenversuchen zur Grunddüngung, Mittelwerte aus den Jahren 1999 bis 2002

Variante / Fruchtart	gesamt	WW gesamt	WW nach Raps	WW nach WW	WG nach WW	Raps nach WG
	Kornertrag relativ					
1	100	100	100	100	100	100
2	100	102	102	103	100	96
3	103	105	103	106	98	103
100 % = dt/ha		73,2	74,8	71,6	80,8	42,7

Bezugsbasis Variante 1

Insgesamt reagierte der Winterweizen mit den größten Ertragsunterschieden auf die Düngung. Während in der Stufe 2 der Mehrertrag mit 2 % eher zufällig erscheint, so erreichen doch die Erträge in der Variante 3 mit 5 % eine erkennbare Differenzierung gegenüber der Bezugsbasis, Variante 1. Besonders verdeutlicht wird diese Tendenz auf den Flächen, auf denen der Weizen in der Fruchtfolge nach sich selbst angebaut wurde. Bei der Wintergerste und dem Winterraps sind die gemessenen Ertragsunterschiede zwischen den Prüfgliedern geringer.

Im zweiten Schritt der statistischen Verrechnung erfolgte die regressionsanalytische Überprüfung

der Wechselwirkung zwischen Düngung und Ertrag. Für den Faktor Phosphor konnte nahezu ein signifikanter Ertragsanstieg bei Veränderung der Menge nachgewiesen werden. Die Kalidüngung übte in keinem Prüfglied einen gesicherten Einfluss auf den Ertrag aus. Diese Ergebnisse stehen augenscheinlich im Gegensatz zu den Schlussfolgerungen aus der Analyse der Nährstoff- und Ertragskartierung des Gesamtbetriebes. Tatsächlich handelt es sich jedoch um verschiedene Ausgangsbedingungen. Der erste Teil bezog sich auf die gesamte Differenziertheit der Flächen, hatte eine hohe Stichprobenzahl zur Grundlage und beschrieb den Einfluss der Bodenversorgung auf den Ertrag. Im zweiten Abschnitt wurden Wechselwirkungen unter kontrollierten Bedingungen zwischen der Düngung und dem Ertrag untersucht. Die Nährstoffgehalte im Boden variierten in den Versuchsanlagen nicht so stark wie im Gesamtbetrieb. Deshalb konnten die Einflüsse der Düngung nicht statistisch gesichert werden. Dennoch lassen die Ergebnisse den Schluss zu, dass bei mittlerer Bodenversorgung mit Phosphor und Kalium eine teilflächenspezifische Düngung, bemessen ausschließlich an der Abfuhr von Nährstoffen durch Ernteprodukte, sinnvoll ist und zu keinen Nachteilen in der Bodenversorgung führt. Dabei sollte der Zielertrag als Orientierung dienen und Überträge aus dem jeweiligen Vorjahr angerechnet werden.

4 Schlussfolgerungen

4.1 Schlussfolgerungen für die landwirtschaftliche Praxis in Mecklenburg-Vorpommern

Die Anforderungen an die Präzision im Ackerbau wachsen stetig. Große heterogene Schlageinheiten, leistungsfähige Maschinen und die Ausgliederung von Arbeiten an Lohnunternehmer bewirken, dass die Landwirte ohne Hilfsmittel kaum in der Lage sind auf differenzierte Bedingungen im Schlag zu reagieren.

Beobachtungen in Agrarbetrieben bei der Einführung von teilflächenspezifischen Verfahrensabschnitten lassen den Schluss zu, dass ein durchgängig ortsspezifischer Pflanzenbau zurzeit nicht realisierbar ist. Einerseits sprengen die Managementaufwendungen vom Umfang und von der Zuverlässigkeit einzelner Handlungsempfehlungen einen vertretbaren Rahmen. Andererseits existieren technisch erhebliche Probleme bei der Kompatibilität der einzelnen Komponenten.

Precision Farming ist eine Möglichkeit vorhandene Verfahren im Ackerbau zu vervollkommen. Ausgehend von einer gründlichen Analyse, sollten neue Technologien dort etabliert werden, wo sie für den Einzelbetrieb den größten Vorteil versprechen.

Die Entscheidung für ein geeignetes Softwaresystem muss im Zusammenhang mit den Möglichkeiten im Betrieb geprüft werden. Die Angebote an Agrarsoftware sind sehr vielfältig. Wenn die Interessen des Betriebsleiters nicht auf dem Gebiet der Computertechnik und Informatik liegen, ist es besser für diese Aufgaben einen versierten Partner zu verpflichten. Auf jeden Fall müssen möglichst alle Hard- und Softwarekomponenten im Betrieb untereinander kompatibel sein.

Für eine teilflächenspezifische Differenzierung von acker- und pflanzenbaulichen Maßnahmen sowie für eine qualifizierte Erfolgseinschätzung sind viele Informationen erforderlich. Die Schlagkartei ist ein sehr gutes Instrument zur Erfassung, Verwaltung und vor allem auch Analyse von betrieblichen Daten. Bodenarten- und Nährstoffkarten sowie Daten aus der Ertragskartierung bilden zwei weitere wesentliche Säulen für die Festlegung von differenzierten Bearbeitungsgängen. Die Anwendung von Sensoren für die Erfassung von Unterschieden kann vorhandene Informationen präzisieren, oder unabhängig von ihnen angewendet werden. Wichtig ist, dass nur die Daten in den Entscheidungsprozess einfließen, die einen Einfluss auf das zu erwartende Ergebnis haben und dass die Differenzierungen zwischen den Teilflächen eines Schlages groß genug sind um den mit der Differenzierung der Maßnahme verbundenen Aufwand zu rechtfertigen.

Viele Landmaschinenhersteller bieten Maschinen an, die serienmäßig für Precision Farming ausgerüstet sind, oder mit entsprechender Eignung geliefert werden können. Bei erforderlichen Ersatzbeschaffungen können kostengünstig die Voraussetzungen für den Einstieg in die teilflächenspezifische Gestaltung einzelner Verfahrensabschnitte geschaffen werden. Die

Nachrüstung vorhandener Geräte mit entsprechender Steuertechnik wird meistens sehr kostenaufwändig und durch den zu erwartenden Nutzen nicht gerechtfertigt. Bei allen Geräten ist zu empfehlen, dass für die Steuerung und Informationsübertragung ein allgemeingebäuchliches Datenformat verwendet wird und eine Schnittstelle für die Kopplung mit anderen Systemen vorhanden ist.

Die teilflächenspezifische Differenzierung im Ackerbau sollte in der landwirtschaftlichen Praxis als Ergänzung und Vervollkommnung der vorhandenen und bewerten Verfahrensgestaltung verstanden werden. Es sollte dort begonnen werden, wo bestehenden Technologien Grenzen gesetzt wurden und für den Betrieb der größte Nutzen daraus zu erwarten ist. Dieser Nutzen muss sich nicht zwingend in höheren Naturalerträgen oder geringeren Kosten ausdrücken. Vorteile in der Arbeitsorganisation, bessere Qualität der Produkte und eine höhere Maschinenauslastung können ebenfalls von Bedeutung sein.

Unter den neuen Rahmenbedingungen der Agrarförderung, besonders der Einhaltung der Bestimmungen aus Cross Compliance, bieten sich die technischen Möglichkeiten zur Dokumentation besonders an. Auch ohne teilflächenspezifische Differenzierung der Arbeitsgänge sind viele Maschinen in der Lage Protokolldateien zu erstellen. In Verbindung mit GPS-Systemen lassen sich daraus exakte Systeme zur Nachweisführung installieren.

4.2 Schlussfolgerungen für die wissenschaftliche Arbeit

In einem deutschlandweiten Verbundprojekt, „pre agro“ zur Entwicklung und Einführung von Managementsystemen für ortsspezifischen Pflanzenbau wurden umfangreiche Arbeiten durchgeführt. Die Ergebnisse der einzelnen Teilprojekte lassen genug Fragen offen, um weitere Aufgaben zu formulieren.

Aus Sicht der angewandten Forschung sieht der Verfasser Handlungsbedarf unter drei Schwerpunkten:

1. Die Methoden und Algorithmen zur effizienten Zielwertbestimmung von Maßnahmen müssen einfach, nachvollziehbar und auf einen minimalen Input ausgerichtet werden. Das beinhaltet:
 - Untersuchungen zur optimalen Bodenbearbeitungstiefe in Abhängigkeit von der Bodenart, dem Relief, dem Humusgehalt oder Parametern aus der Messung der elektrischen Leitfähigkeit.
 - Empfehlungen zur optimalen Aussaatstärke, differenziert nach Bodenart und Relief
 - Differenzierte Anwendung vorhandener Düngungssysteme wie beispielsweise die LUFA-Düngeempfehlung für Kalk und Grundnährstoffe, die N-Düngung nach Stickstoffbedarfsanalyse, Nitratschnelltestmethode, Empfehlungen des Hydro-N-Testers oder des Stickstoffsimulationsmodells MINERVA.
 - Empfehlungen zur Anwendung des Hydro-N-Sensors und Entwicklung anderer sensorgestützter Verfahren.
 - Richtwerte zur Differenzierung von Pflanzenschutzmaßnahmen unter Berücksichtigung von Kriterien, die sensorisch erfasst werden.
 - Verwendung der Ertragskartierung zur Analyse und Bemessung pflanzenbaulicher Entscheidungen.
2. Die technischen Möglichkeiten von Precision Farming müssen stärker in die automatisierte Nachweisführung einer ordnungsgemäßen Landwirtschaft integriert werden. In Verbindung mit computergestützten Schlagkarteien sollte die bessere Datengenauigkeit und –sicherheit gegenüber manuellen Aufzeichnungen geprüft und bewertet werden. Die Entwicklung von Referenzzentren für eine lückenlose Dokumentation vom Erzeuger bis zum Verarbeiter unter Einbeziehung automatisierter Aufzeichnung georeferenzierter Daten könnte Beispielswirkung erzielen.
3. Für die Beurteilung von Technologien und die Erarbeitung von Beratungsgrundlagen sind Ergebnisse wissenschaftlicher Beobachtungen bei der Einführung in Praxisbetriebe wichtig. Bei der Durchführung von Experimenten und Großversuchen erfolgt in der Regel eine Reduzierung äußerer Störfaktoren. Deshalb spiegeln die Ergebnisse von definierten Untersuchungen nicht immer die realen Schwierigkeiten der Einführung teilflächenspezifischer Bewirtschaftungsmethoden wider.

Die Arbeit in der Landesforschungsanstalt wird sich zukünftig auf die Begleitung von Vorhaben in Referenzbetrieben beschränken. Durch die Betreuung von Studenten der Universität Rostock oder der Fachhochschule Neubrandenburg zu ausgewählten Verfahrensabschnitten können Details tiefgründiger untersucht werden. Als Beispiel ist hier zu nennen:

Tosten Schmidt, FH Neubrandenburg Diplomarbeit 2003, Möglichkeiten der Ertrags- / Qualitätsbeeinflussung durch sensorgestützte Stickstoffdüngung

Franziska Wahl, Uni Rostock Arbeitsthema für Masterabschluss 2006, Anwendung des Stickstoff-Simulationsprogrammes MINERVA für die teilflächenspezifische Düngung unter Berücksichtigung der Bodenarten

4.3 Schlussfolgerungen für Behörden und Verwaltung

Automatisierte Verfahren oder Technologien bei denen der Betriebsleiter in seiner Einflussmöglichkeit auf den Pflanzenbestand eingeschränkt wird, oder bei denen er die Rahmenbedingungen, die zu einer Entscheidung führen, nicht nachvollziehen kann, stoßen bei vielen Landwirten auf Ablehnung. Deshalb ist der praktische Nachweis der Vorteile eines neuen Bewirtschaftungsverfahrens wichtigste Aufgabe für die Akzeptanz von Precision Farming.

Die staatliche Leitung muss gemeinsam mit wissenschaftlichen Einrichtungen und Interessenverbänden regionale Beispiele unterstützen. Dabei ist nicht der Umfang der Anwendung dieser Technologie maßgeblich, sondern vor allem der regionale Bezug. In Betrieben oder Dienstleistungseinrichtungen, die eine Ausstrahlung auf ihre Region ausüben, sollten Schulungen, Vorführungen und Workshops gefördert werden.

Automatisiert erfasste Protokolldateien und Schlagkarteidaten sollten vorrangig zur Dokumentation der Nachweisführung einer ordnungsgemäßen Bewirtschaftung gemäß Cross Compliance anerkannt werden. Möglichkeiten des Einsatzes von Modulationsmitteln für die Förderung bestimmter Technologien sollten zukünftig nicht ausgeschlossen werden.

5 Verzeichnis der Stellungnahmen und Leistungen im Zusammenhang mit dem Forschungsthema

Datum	Leistung	Kurztitel
Januar 1999	Kolloquium	Eröffnungskolloquium zum Forschungsthema „Aspekte der GPS-gestützten teilflächenspezifischen Bewirtschaftung in M-V
01.10.2000	Präsentation	Neetzower Agrarhof, Tag des offenen Hofes
19.02.2001	Vortrag	Bedeutung und Chancen des Global Positioning Systems (GPS) für die Landwirtschaft in MV
25.01.2002	Veröffentlichung	Nachweis aller Maßnahmen
05.03.2002	Stellungnahme	Aufbau eines Konsultations- und Dienstleistungszentrum innovativer landwirtschaftlicher Produktionsverfahren
28.10.2002	Stellungnahme	Förderfähigkeit Hydro-N-Sensor
19.12.2002	Stellungnahme	Transparente Landbewirtschaftung
01.04.2003	Veröffentlichung	Precision Farming – Zukunft oder Sackgasse?
09.05.2003	Internet-Dokument	Precision Farming – Zukunft oder Sackgasse?
09.05.2003	Veröffentlichung	Erfahrungen im Präzisionsackerbau
15.07.2003	Stellungnahme	Projektskizze Durable Environmental Multidisciplinary Monitoring Information Network (Demmin)
19.08.2003	Stellungnahme	Stellungnahme zum „Alternativen Digitalen Agrar-Managementsystem“
12.09.2003	Stellungnahme	Möglichkeiten der Ertrags- und Qualitätsbeeinflussung durch sensorgestützte Stickstoffdüngung
05.04.2004	Kolloquium	Möglichkeiten der Ertrags- und Qualitätsbeeinflussung durch sensorgestützte N-Düngung

6 Literatur

- BILL, R., SCHMIDT, F. (1999): Sensorsysteme im Precision Farming Tagungsband zum Workshop. Universität Rostock, Interner Bericht Heft Nr. 12, Institut für Geodäsie und Geoinformatik, S. 65-76
- DAMMER, K-H. (2001): Mit dem Pendel über den Acker. Agrarmarkt 7/2001, S. 30-31
- DAMMER, K-H. (2002): Herbizide, Fungizide und Wachstumsregulatoren (TP III-5). Tagungsband Precision Agriculture Tage in Bonn, KTBL-Sonderveröffentlichung 038, S 275- 292
- GEBBERS, R., SCHMIDT, F. (1999): Sensorsysteme im Precision Farming Tagungsband zum Workshop. Universität Rostock, Interner Bericht Heft Nr. 12, Institut für Geodäsie und Geoinformatik, S. 167-184
- HABER, W. (2002): Von der differenzierten Landnutzung zu Precision Agriculture. Precision Agriculture Herausforderung an integrative Forschung, Entwicklung und Anwendung in der Praxis. KTBL Sonderveröffentlichung, S. 335-364
- HIRSCHNER, V. (2004): Lindenberger Agrargenossenschaft e.G., mündliche Mitteilung
- LAMP, J.; CAPELLE, A.; EHLERT, D.; JÜRSCHIK, P.; KLOEPFER, F.; NORDMEYER, H.; SCHRÖDER, D.; WERNER, A. (1998): Erfassung der kleinräumigen Heterogenität in der teilflächenspezifischen Pflanzenproduktion. KTBL Darmstadt, Arbeitspapier 264, S. 7-32
- LAMP, J.; HERBST, R.; REIMER, G.; SCHMIDT, F.; REICHE, E.-W.; SCHMIDHALTER, U.; BOBERT, J. (2002): Standortcharakteristik durch Bodenschätzung, geoelektrische Leitfähigkeits- und Bodenwassersensoren, Geländemodelle und digitale Hof-Bodenkarte. Precision Agriculture Herausforderung an integrative Forschung, Entwicklung und Anwendung in der Praxis. KTBL Sonderveröffentlichung, S. 25-29
- LITTMANN, CH. (2001): Umsetzungsmöglichkeiten nachhaltiger Landbewirtschaftung mit Hilfe moderner Navigationstechnologien im Bereich Pflanzenschutz, Diplomarbeit, Fachhochschule Neubrandenburg
- LITTMANN, W. (2001): Studie „Zum Einsatz GPS-gestützter Technologien für die Applikation von Pflanzenschutzmitteln“, Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern
- LITTMANN, W. (2002): Neetzower Agrarhof Peenetal GmbH, mündliche Mitteilung
- LUCK, E. (2001): Agrarmarkt 7/2001, S. 32-35
- MÜLLER, G.; EHWALD, E.; FÖRSTER, I.; REUTER, G. (1980): Bodenkunde. Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin, S. 216-379
- ROTH, R ; KÜHN, J. (2002): Bestandesführung und differenzierte Aussaat. Precision Agriculture Herausforderung an integrative Forschung, Entwicklung und Anwendung in der Praxis. KTBL Sonderveröffentlichung, S. 225-236
- SCHWEDER, P.; KAPE, E.; NEUBAUER, W. (1998): Düngung 1998 – Hinweise und Richtwerte für die landwirtschaftliche Praxis, Leitfaden zur Umsetzung der Düngeverordnung. Ministerium für Landwirtschaft und Naturschutz des Landes Mecklenburg-Vorpommern, S 11 –20
- TRÄGER-FARNY, W. (2003): Vier Jahre Erfahrung mit der teilflächenspezifischen Bodenbearbeitung. Bauernblatt Schleswig-Holstein und Hamburg, 33. Heft, 16.08.2003 , S. 44
- VOSSHEINRICH, H. H. (2002): Bodenbearbeitung. Precision Agriculture Herausforderung an integrative Forschung, Entwicklung und Anwendung in der Praxis. KTBL Sonderveröffentlichung, S. 237-249
- Statistische Verrechnung erfolgte in der LFA Institut für Acker- und Pflanzenbau, SG21