

Wissenschaftszentrum Weihenstephan

Prof. Dr. H. Auernhammer

Professur für Unternehmensforschung und Informationsmanagement

Prof. Dr. P. Wagner/ Prof. Dr. H. Auernhammer

**Diplomarbeit im Rahmen des Fachs:
Betriebslehre**

**Thema:
Investitionsbedarf für Precision Farming**

Abgegeben von:

Benjamin Scherm

10. Semester

Haindlingberg 1

94333 Geiselhöring

Tel.: 0170-1820433

Matrikelnr.: 1988730

Abgabetermin: 16.07.2002

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	4
1 Einleitung	5
2 Notwendige Investitionen vor der Feldbestellung	7
2.1 Investitionsbedarf für GPS und Korrekturdienste	7
2.2 Kosten des Flächenaufmass	14
2.2.1 Kosten bei DGPS- gestütztem Flächenaufmass	14
2.2.1.1 Kosten bei Inanspruchnahme eines Dienstbieters	14
2.2.1.2 Kosten bei Eigenanschaffung der Geräte	16
2.2.2 Kosten bei Inanspruchnahme von digitalisierten Flurkarten	17
2.3 Kosten bei der Erfassung der Standortcharakteristika	18
2.3.1 Reichsbodenschätzung	19
2.3.2 Ertragskartierung	21
2.3.3 Reliefinformationen	22
2.3.4 Bodenleitfähigkeitsmessung	23
2.3.5 Bodenbeprobung	25
2.3.6 Fernerkundung	28
3 Notwendige Investitionen für die Datenauswertung	33
3.1 Vorstellung verschiedener Softwarelösungen	35
3.2 Vorstellung verschiedener Hardwarelösungen	38
3.2.1 Pocket- PC und Palmcomputer	39
3.2.2 Universal- Terminals und Jobrechner	40
3.2.3 Universaljobrechner	42
4. Notwendige Investitionen in Maschinen	44
4.1 Nachrüstungs- bzw. Ausstattungskosten von Traktoren	44
4.2 Kosten im Bereich Ertragermittlung mit dem Mähdrescher	45
4.2.1 Verschiedene Mähdrescherausstattung und deren Preise	45
4.2.2 Kosten bei Inanspruchnahme eines Dienstleisters	53
4.3 Kosten verschiedener Applikationen	53
4.3.1 Kosten der Applikation Aussaat	54
4.3.2 Kosten der Applikation Mineraldüngung	55
4.3.3 Kosten der Applikation Pflanzenschutz	58

5. Weitere Kosten bei der Verwendung von PF- Technik	61
5.1 Arbeitszeitbedarf für die Informationseingabe	61
5.2 Kosten für die Aus- und Weiterbildung	61
6. Vergleichsrechnungen für Modellbetrieb.....	62
6.1 Eigenmechanisierung	63
6.2 Angebot verschiedener Dienstleister.....	70
7. Zusammenfassung und Ausblick	72
Literatur- und Quellenverzeichnis.....	73

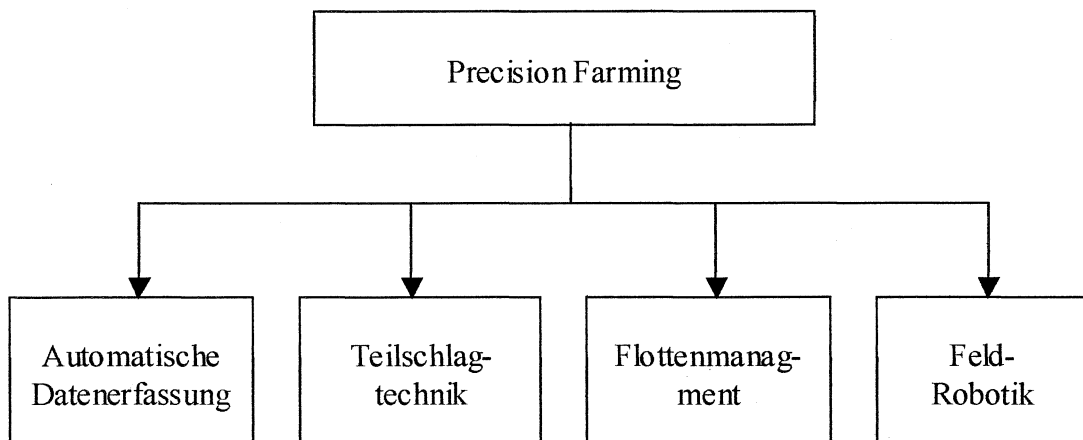
Abkürzungsverzeichnis

AfA	Abschreibung für Abnutzung
ALF	Accurate positioning by Low Frequency
BPEG	Bodenprobenentnahmegerat
DGM	Digitale Geländemodelle
DLG	Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft
DPGS	Differentielles Globales Positionierungssystem
DSS	Decision Support Systems
ESRI	Environmental Systems Research Institute
GIBS	GPS- Informations- und Beobachtungssystem
GIS	Geographische Informationssysteme
GPS	Globales Positionierungssystem
GSM	Global system für mobile communications
IR	Infrarot
LBS	Landwirtschaftliches Bus- System
NIR	Nah- infrarot
PC	Personal Computer
PF	Precision Farming
RDS	Radio data system
SAPOS	Satellitenpositionierungsdienst der deutschen Vermessungs- ämter
TWI	Topographischer Wetness- Index
UKW	Ultra- Kurzwelle
VBS	Virtuel base station
VRC	Virtuel reference cell

1 Einleitung

Precision Farming, Präzisionspflanzenbau und kleinräumige Bestandesführung sind nur drei gängige Begriffe für ein Verfahren der landwirtschaftlicher Betriebsführung, das in Zukunft an Bedeutung gewinnen wird. Es verspricht vielfältige Vorteile in ökonomischer und ökologischer Hinsicht. Welche Investitionen für die verschiedenen Techniken zur Zeit zu tätigen sind, soll durch diese Arbeit aufgezeigt werden.

Precision Farming (PF) lässt sich laut DEMMEL in vier Bereiche gliedern:



Quelle: Demmel

Die Bereiche „Automatische Datenerfassung“ und „Teilschlagtechnik“ werden nachstehend besonders beleuchtet.

Stützen des PF sind die Schlüsseltechnologien „Globales Positionierungssystem GPS“, „Landwirtschaftliches Bus- System LBS“ und „Geographische Informationssysteme GIS“. In Zukunft werden zwei weitere hinzukommen: „Decision Support Systems DSS“ (softwarebasierte Modelle zur Unterstützung der Entscheidungsfindung) und „Economic and Evaluation Systems“ (softwarebasierte Modelle zur ökonomischen und ökologischen Beurteilung der Entscheidungen)(vgl. DEMMEL (2000): S.1).

Ziel ist es, aus einem inhomogenen Schlag viele möglichst homogene Teilflächen zu schaffen, die dann spezifisch nach ihren Bedürfnissen behandelt werden können. Unter- und übertersorgte Flächen, wie bei der homogenen Behandlung üblich, treten seltener auf. Betriebsmittel können eingespart und die Ertragssicherheit bzw. –

qualität kann erhöht werden. Auf diese Weise leistet PF einen Beitrag zum Ziel einer nachhaltigen und umweltgerechten Landwirtschaft (vgl. PRE AGRO (2001)). Weitere Vorteile, wie z.B. eine einfachere Dokumentation der Maßnahmen, detaillierte Standortkenntnisse und eine höhere Schlagkraft, stellen sich nach einer gewissen Zeit ein. Vor Erlangen dieser Vorteile, muss jedoch in Technik und/ oder Dienstleistungen investiert werden. Die Investitionen bzw. Kosten sollen in dieser Arbeit gemäß der chronologischen Reihenfolge im PF- System abgehandelt werden (vgl. WAGNER (1999): S.46 f.):

- Investitionen vor der Feldbestellung (Datenerfassung)
- Investitionen für die Datenverarbeitung (und Dateninterpretation)
- Investitionen in landwirtschaftliche Maschinen und Geräte (Umsetzung der Ergebnisse).

Durch das Kapitel

- weitere Kosten bei der Verwendung von PF- Technik

wird die Liste komplettiert.

Des weiteren sollen die Kosten bei Erwerb der Geräte und - soweit vorhanden - bei Inanspruchnahme eines Lohnunternehmers oder sonstigen Dienstansbieters verglichen werden. Die Preise, falls nicht explizit angegeben, stammen vom Autor dieser Arbeit. Er beschaffte sie sich auf der Agritechnica 2001 in Hannover durch Befragung der verschiedenen Händler und Hersteller.

2 Notwendige Investitionen vor der Feldbestellung

Hierzu zählen Investitionen, die für den Bereich der Datenerfassung notwendig sind. Es werden Daten benötigt über die genaue Position im Feld (Kapitel 2.1) und die genaue Lage der Feldgrenzen (Kapitel 2.2). Zur Abschätzung des Ertragspotenzials ist die Erfassung der Standortcharakteristika (Kapitel 2.3) notwendig.

2.1 Investitionsbedarf für GPS und Korrekturdienste

Als 1989 erstmals GPS im Rahmen wissenschaftlicher Untersuchungen in der Landwirtschaft eingesetzt wurde, wusste man wahrscheinlich noch nicht, welche Bedeutung besonders diesem System der Satellitenortung zuteil werden sollte. Das Globale Positionierungssystem GPS ist heute vor allen in den Bereichen Datenerfassung und Gerätesteuerung kaum zu ersetzen. Es erfüllt die Anforderungen eines Ortungssystems für die Landwirtschaft, nämlich möglichst immer und überall verfügbar zu sein. Vergleicht man es mit der Radionavigation, bestehen Vorteile vor allem in den Punkten Genauigkeit, Zuverlässigkeit, Baugröße und Systemkosten (MUHR (1999): S.1 ff.).

Entwickelt wurde das amerikanische Satellitenortungssystem GPS NAVSTAR (kurz GPS), wie auch sein sowjetisches Pendant GLONASS, in den späten 70er Jahren für militärische Zwecke. Anwendung findet heutzutage jedoch fast ausschließlich das GPS, da für GLONASS keine preiswerten Empfänger erhältlich sind. Das GPS kann in drei Segmente unterteilt werden: Satelliten, Kontrollstationen und Empfänger (vgl. AUERNHAMMER (1997): S.4 ff.).

Die Satelliten bewegen sich auf nahezu kreisförmigen Keplerbahnen mit einem Abstand von ca. 20000 km von der Erdoberfläche und einer entsprechenden Umlaufzeit von ca. 12 Stunden (Abbildung1).

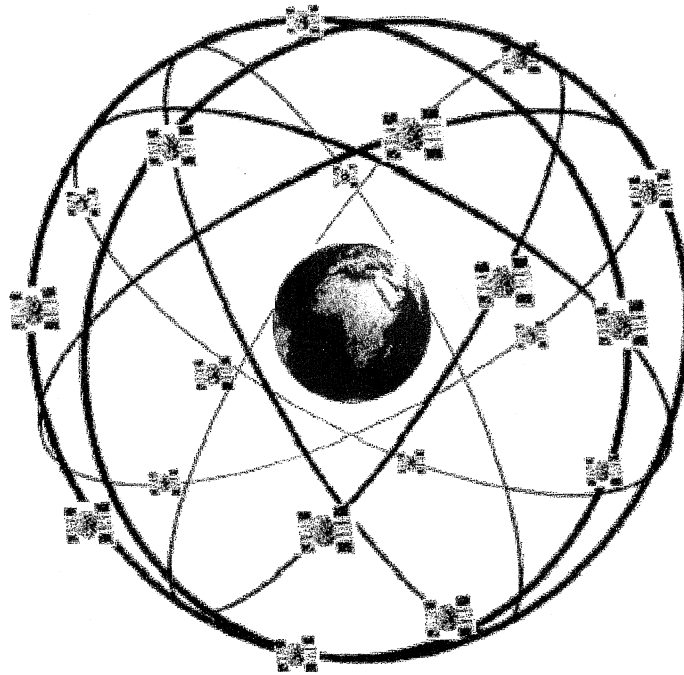


Abbildung 1: Satellitenkonstellation GPS

Quelle: SCHÄNZER (1999): S.1

Jeder dieser Satelliten¹ sendet ein elektromagnetisches Signal aus, dem der Zeitpunkt des Sendens, die Position des Satelliten, der Name des Satelliten und weitere wichtige Zusatzinformationen aufkodiert werden. Eine präzise Atomuhr an Bord jedes Satelliten garantiert das Ermitteln der exakten Sendezeit (SCHÄNZER (1999): S.1). Je vier Satelliten kreisen in sechs Bahnen, die um jeweils 60° versetzt angeordnet sind. Die Bahnen sind um 55° zur Äquatorebene geneigt.

Die Kontrollstationen am Boden kontrollieren und steuern den Betrieb der Satelliten. Ein im Empfangsbereich betriebener Empfänger kann nun durch zeitgleiche Bestimmung der Signallaufzeiten zu je vier Satelliten und durch die Verrechnung der Positionsdaten seine Position im 3-dimensionalen Raum ermitteln. Durch diese sogenannte Einwegmessung steht die Nutzung dieses Systems einer unbegrenzten Zahl von Empfängern frei (MUHR (1999): S.3).

Die Kosten für einen GPS- Empfänger stehen, wie bei vielen anderen technischen Systemen auch, in engem Zusammenhang mit der Leistung. Als entscheidendes Leistungsmerkmal gilt die Genauigkeit des Gerätes. Einfache GPS- Geräte, z.B. zur Navigation von Fahrzeugen sind mittlerweile ab 220,- € zu bekommen. Auf der Homepage von GARMIN (<http://www.garmin.de>) werden viele dieser

¹ Bei GPS: 21aktive und 3 Ersatzsatelliten

Einstiegsgeräte aufgelistet und verglichen. Geräte mit einer höheren Genauigkeit und Möglichkeit zum Korrektursignalempfang sind erst ab 1000,- € zu haben.

Doch mit einem GPS- Empfangsgerät allein, wird meist noch nicht die für PF notwendige Genauigkeit erzielt. Anfangs ermöglichten die Systemgenauigkeiten des GPS dem Nutzer eine zweidimensionale Positioniergenauigkeit² von 100 m bei 95% Sicherheitswahrscheinlichkeit bzw. 300 m bei 99,9% Sicherheitswahrscheinlichkeit. Seit dem 1. Mai 2000 verzichtet die USA auf eine künstliche Verschlechterung der Satellitensignale und so verbesserten sich die Genauigkeiten um den Faktor 10 (vgl. Satellitenpositionierungsdienst der deutschen Landesvermessung SAPOS). Dass diese Genauigkeit von 10 m jedoch nur bei wenigen Anwendungen ausreicht, zeigt die folgende Tabelle:

Tabelle 1: Genauigkeitsanforderungen für den GPS-Einsatz in der Landwirtschaft		
erforderliche Genauigkeit	Aufgabe	Anwendungsbeispiele
± 10 m	Navigation	- Zielsuche von Schlägen (überbetrieblicher Maschineneinsatz) - Zielsuche von Lagerplätzen (Forst)
± 1 m	Arbeits erledigung Information Dokumentation	- Arbeit im Feld mit · Ertragsermittlung · Düngung · Pflanzenschutz · Bodenbeprobung · Schutzgebieten - automatisierte Datenerfassung
± 10 cm	Fahrzeugführung (Fahrerentlastung)	- Anschlussfahren bei großen Arbeitsbreiten - Mähdrusch
± 1 cm	Geräteführung	mechanische Unkrautbekämpfung

Quelle: AERNHAMMER (1999): S. 4

Derartige Genauigkeiten können nur mithilfe von Korrektursignalen bzw. Korrekturdaten erreicht werden. Man spricht dann von differentiellm GPS (DGPS), von dem es generell zwei verschiedene Arten gibt:

² Für die zweidimensional Positionierung sind drei Satellitensignale erforderlich, für die dreidimensionale vier (s.o.)

- postprocessing DGPS
- realtime DGPS

Beim postprocessing DGPS werden die am Feld gewonnen Daten nachträglich am PC mittels geeigneter Software bearbeitet und korrigiert. Oft ist sie bereits im Lieferumfang beim Kauf eines GPS- Empfängers enthalten. Die zur Korrektur notwendigen Referenzdaten werden, entweder von einer eigenen Referenzstation gewonnen, oder von öffentlich zugänglichen Serversystemen (z.B. Landesvermessungsamt) geladen. Wird dabei ein Fremdsystem benützt, fallen Kosten zwischen 5 und 15 € pro Stunde Daten an. Eine eigene Referenzstation erfordert natürlich eine weit höhere Investition (ab 10000 €) und nimmt beim Einsatz auch mehr Zeit (für Aufbau, Inbetriebnahme, Wartung, etc.) in Anspruch.

Postprocessing DGPS wird vor allem genutzt, wenn bei einer Anwendung

- eine hohe bis sehr hohe Genauigkeit der Messpunkte erforderlich ist,
- die genaue Position im Feld nicht bekannt sein muss (z.B. Kartierungen aller Art, Bodenbeprobung, Feldaufmass),
- der Zeit- und Organisationsbedarf für dessen Durchführung unkritisch ist (vgl. GEO KONZEPT).

Nachteil dieser Möglichkeit differentieller Datenkorrektur ist, dass Probleme bei der Datenerfassung, wie schlechter Satellitenempfang oder beschädigte Dateien erst nach dem Einsatz auffallen und die Messungen wiederholt werden müssen. Andererseits benötigt man u.U. nur noch ein sogenanntes „GPS- Handy“, um die Daten zu erfassen.

Realtime DGPS hingegen verwendet die Daten, die von einer eigenen oder Dienstanbieter- Referenzstation gewonnen und per Datenfunk an den/die Empfänger gesendet werden. Dabei stehen folgende Übertragungskanäle zur Auswahl:

- Mobilfunk- DGPS: Die Übertragung erfolgt durch GSM- Mobiltelefon oder Betriebsfunk. Eingesetzt wird diese Art der Übertragung i.d.R. mit einer eigenen Referenzstation. Bei geringer Leistung und einer Reichweite unter 5 km ist sie genehmigungsfrei, mit höherer Reichweite (5- 30 km) genehmigungspflichtig.
- UKW RASANT: Die Daten werden auf den UKW- Frequenzen der Verkehrsfunksender (in Bayern auf B3) mit RDS (Radio data system) übertragen. Das Korrektursignal wird logischerweise nur empfangen, wenn

auch die dazugehörige Hörfunkstation empfangbar ist (vgl. GEO KONZEPT).

- Küstenfunk (Beacon): Die Beacon- Sender, von der amerikanischen Küstenwache entwickelt, haben weltweite Verbreitung gefunden. Sie dienen der Genauigkeitssteigerung der GPS- Navigation im Küstenbereich und haben eine Reichweite von ca. 70- 200 km. Die Sender verbreiten die Korrektursignale im LW- Bereich (vgl. SAPOS).
- ALF: ALF (Accurate positioning by Low Frequency) wurde in Deutschland vom Bundesamt für Kartographie und Geodäsie entwickelt und wird von einer Tochtergesellschaft der deutschen Telekom betrieben. Als Sendestation dient eine Langwellensender in Mainflingen bei Frankfurt, der ausschliesslich zur Übertragung dieses Korrektur genutzt wird. Als Reichweite des Senders wird 600- 800 km angegeben. Sie gilt für flache Zonen, topographisch ungünstige Zonen schränken sie jedoch ein. Nachteilig ist, dass das System keine Redundanz bietet, da nur ein Sender zur Verfügung steht. Zudem können Störungen durch starke elektromagnetische Felder auftreten (vgl. GIBS (GPS-Informationssystem- und Beobachtungssystem)).
- Satellitengestützte Korrektur (Omnistar): Die Übertragung der Daten mehrerer Referenzstationen eines Diensteanbieters erfolgt durch einen geostationären Satelliten. Je nach Bedarf kann man sich für den VBS (Virtual Base Station)- oder den VRC (Virtual Reference Cell)- Dienst entscheiden. Bei Erstem wird vom mobilem Empfänger, abhängig von der aktuellen Position, kontinuierlich eine gewichtete Kombination der empfangenen Daten errechnet. Das Ergebnis ist ein optimierter Korrekturdatensatz für die jeweilige Position. Dieser wird jedes mal neu berechnet, wenn Referenzsignale vom Satelliten empfangen werden. Es resultieren mehrere Vorteile: VBS ist besonders geeignet für dynamische Applikationen und bietet gleichbleibende Genauigkeiten in einem großräumigen Gebiet. Im Gegensatz zu ALF ist VBS nicht von einer Referenzstation abhängig und arbeitet so höchst zuverlässig. Zudem sind auch Positionssprünge ausgeschlossen, da nicht zwischen Referenzstationen gewechselt werden muss (vgl. GEO KONZEPT).

VRC wurde speziell für Applikationen in der Landwirtschaft entwickelt und stellt die kostengünstigere Alternative dar, wenn GPS stets im gleichen

Gebiet verwendet wird. Die optimierten Korrekturen werden nämlich nicht für eine dynamische Position berechnet, sondern auf eine feste (vom Anwender zu bestimmende) Position (sog. Virtuelle Zelle) bezogen. Diese Vorgehensweise verringt zwar die Kosten, aber auch die Genauigkeit, je weiter der Empfänger vom Zellmittelpunkt entfernt ist (ibid.)

- AMDS: AMDS (Amplituden moduliertes Daten System), im wesentlichen von der Technischen Universität Dresden in Zusammenarbeit mit Bosch entwickelt, dient zur digitalen Datenübertragung auf Mittel- und Langwelle bei Rundfunksendern. Die Wahl der zu benützenden Referenzstation (Rundfunkfrequenz) erfolgt am Empfangsgerät manuell oder das Gerät wählt automatisch den Sender mit dem stärksten Signal.

Die Entscheidung, in welches DGPS und in welchem Übertragungskanal man investieren sollte, hängt von der Anwendung ab:

- Welche Genauigkeit erfordert die Anwendung?
- Muss die aktuelle Position im Feld genau bekannt sein?
- Braucht man die Korrekturdaten sofort, oder reicht eine spätere Korrektur mittels Software aus?

Doch der letztlich entscheidende Punkt ist meistens der Kostenfaktor dieser Technologien. Dieser wird in den folgenden Tabellen 2 und 3 dargestellt:

Tabelle 2: Investitionsbedarf bei postprocessing DGPS	
Korrekturdaten durch	Kosten
eigene Referenzstation	ab 10000 €
Fremdsysteme	5- 10 € pro Stunde Daten

Quelle: eigene Darstellung

Tabelle 3: Investitionsbedarf bei realtime DGPS

Korrektursignal über	Lizenzkosten	Decoderkosten	Genauigkeit in m
eigene Referenzstation		Ab 10000,- € (inkl. Antennenanlage)	< 1
SAPOS (RDS) Satellitenpositionierungsdienst der Arbeitsgemeinschaft Vermessungsverwaltungen RASANT UKW	15 % des Empfangs- gerätepreis	ab 700,- €	1-3
Küstenfunk (Beacon) (Mittelwelle)	kostenfrei	ab 700,- €	1 – 5
ALF- Dienst einer Tochtergesellschaft der Deutschen Telekom Sender Mainflingen bei Frankfurt (Langwelle)	125,- € für 10 Jahre	ab 700,- €	1 – 4
geostationäre Satelliten (omnistar)		ab 2200,- €	
VRC- Dienst	Ab 614 €/Jahr		1 – 3
VBS- Dienst	1200 €/Jahr		< 1
AMDS (Lang- und Mittelwelle)	für 2 Jahre im Decoderpreis enthalten	700,- €	1-3

Quelle: KOTTENRODT: S.1 und eigene Recherchen

Um den Gesamtinvestitionsbedarf zu erlangen muss zu den Decoderkosten der Preis des DGPS- Empfangsgerätes (ohne Decoder, hier 2500,- €) addiert werden.

2.2 Kosten des Flächenaufmass

Zu den wesentlichen Grundlagen des PF zählt eine genaue Flächenvermessung. Die Daten werden auf verschiedene Arten erfasst, um dann anschließend durch Geo-Informationssysteme (GIS) am PC verarbeitet zu werden. Nicht nur die wichtigsten EU- Prämien werden flächenbezogen gewährt, sondern auch die Standortinformationen werden, basierend auf den vermessenen Schlaggrenzen erhoben, gekauft und ausgeschnitten. Bei falsch vermessenen Grenzen kann die wahre Leistung des Feldes (wie Betriebsmitteleinsatz oder Ertragsleistung) nicht bewertet werden und es kann zu Komplikationen bei den Applikationen kommen. Dies ist dann der Fall, wenn der Bordcomputer eine Applikation einstellt, da er den angeblichen Feldrand erreicht hat (vgl. JARFE, S.37)

2.2.1 Kosten bei DGPS- gestütztem Flächenaufmass

Die DGPS- gestützte Flächenvermessung nimmt bei diesen möglichst exakten Vermessungen einen immer größeren Platz ein (vgl. JARFE: S.37). Gründe dafür sind die von den Landwirtschaftsämtern geforderte und durch die GPS- Geräte erreichte Genauigkeit, sowie die mittlerweile erschwinglichen Kosten. Zu empfehlen ist es besonders bei unregelmäßig geformten Flächen und bei Vorkommen von nicht benutzbaren Innenflächen.

2.2.1.1 Kosten bei Inanspruchnahme eines Dienstanbieters

Zunächst soll das Angebot eines Dienstanbieters (hier: AGRICON) genauer betrachtet werden. Bei der Flächenvermessung kommen hochpräzise und lagegenaue DGPS- Geräte mit einer Genauigkeit von +/- 0,5 m wie z. B. Ag GPS 132 bzw. Pro XRS von Trimble mit Omnistar VBS- Referenzierung zum Einsatz. Um eine hohe Schlagkraft zu erreichen, sind 6 qualifizierte und geschulte Vermessungsteams mit Geländewagen unterwegs. Bereiche, die mit dem Geländewagen nicht befahrbar sind, werden zu Fuß vermessen, ist beides nicht möglich, wird die Lasertechnologie angewendet. Die Datenausgabe auf Datenträger erfolgt in allen gängigen GIS-Formaten und Koordinatensystemen³. Anderes Kartenmaterial wie Topographie oder

³ Standardformat = ESRI- Shapefile- Format als Gauss/Krüger- bzw. WGS 84- Koordinaten

Kataster kann mit diesen Daten verschnitten werden. Ferner erhält man die Datenausgabe auf Papier. Sie beinhaltet neben der Betriebsübersichtskarte, Karten in DIN A4- Format für jedes einzelne Feld mit Angabe aller dazu gehöriger Informationen: Schlagname, Schlagnummer, Schlaggröße und Nutzfläche.

Die Preise dieser Art von Flächenaufmass richten sich nach

- A Art der Vermessung
- B Gesamtauftragsgröße
- C Auftragsvolumen pro Anfahrt
- D Durchschnittlicher Schlaggröße.

Der Grundpreis nach A beträgt:

- Handvermessung 55,00 €/Std.
- Laservermessung 60,00 €/Std.

Erfolgt die Vermessung mit Geländewagen gilt der Grundpreis nach B

Der Grundpreis nach B wird in Tabelle 4 genauer erläutert.

Fläche	Kosten
1- 100 ha	4,10 €/ha
101- 200 ha	3,60 €/ha
201- 500 ha	3,20 €/ha
501- 1000 ha	2,90 €/ha
1001- 1500 ha	2,40 €/ha
Ab 1501 ha	1,80 €/ha

Quelle: AGRICON (2002): S. 5

Zudem werden Rabatte von 2- 15% je nach Auftragsvolumen pro Anfahrt (C) vergeben und Zuschläge bei einer durchschnittlichen Schlaggröße unter 20 ha (D) erhoben. Nicht vergessen werden darf die Anfahrtspauschale von 53,- € und die Anfahrts- und Abfahrtskosten an/ab dem nächste AgriCon- Standort von 0,40 €/km.

2.2.1.2 Kosten bei Eigenanschaffung der Geräte

Will man die Flächenvermessung selbst durchführen, bedarf es verschiedener Investitionen. Benötigt werden ein GPS- Empfänger, mindestens ein Korrekturdatendienst, Fachwissen und genügend Zeit. Die aufzuwendende Zeit hängt von den Feldformen, den durchschnittlichen Feldgrößen, aber auch von der Kompetenz des Anwenders ab. Wo man sich das Fachwissen aneignen kann und wie viel solche Schulungen kosten, wird in Kapitel 5.2 beantwortet.

Beim Kauf des GPS- Empfängers sollte man folgendes bedenken: Zum einen werden die Flächen normalerweise nur einmal vermessen, zum anderen benötigen auch andere Anwendungen einen GPS- Empfänger.

Sinnvoll wäre deswegen der Kauf eines GPS- Empfängers, der bei mehreren Applikationen anwendbar ist. Die folgenden Abbildungen zeigen zwei GPS- Empfänger der Firma Trimble:

Abbildung 2: Ag GPS 132



Abbildung 3: Pathfinder Pro XRS



Quelle: GEO KONEPT, Infomaterial

Bei beiden Geräten ist zusätzlich zum 12- Kanal⁴ GPS- Empfänger ein Küstenfunk (Beacon) und ein Satellitenkorrekturempfänger integriert. Während jedoch Ag GPS 132 für den Einbau in Traktoren oder sonstige Fahrzeuge vorgesehen ist, ist der Pathfinder Pro XRS ein Gerät, das sich ideal zum Flächenaufmass per pedes eignet. Die in Erfahrung gebrachten Preise schwanken jedoch sehr. OmniSTAR, Mitanbieter der Trimblegeräte, bietet in den USA beide zum Preis von jeweils 4350,- \$ inklusive Korrekturdienst (800 \$) an. Agricon bietet Ag GPS 132 für 4140,- € an, jedoch kostet der Omnistar VRC- Korrekturdienst 800 € zusätzlich. KTBL rechnet mit Preisen ab 2500,- € für DGPS- Empfänger allgemein plus Decoderkosten von 2200,- €. Der

⁴ 12 Kanal: 12 Satellitensignale können gleichzeitig empfangen werden

billigste gefundene Anbieter ist Müller- Elektronik. Diese Firma verlangt für ein internes DGPS- Gerät 3865,- €, für ein Jahr Korrekturdienst 614,- €.

Außer dem Empfänger benötigt man ein Gerät zum Aufzeichnen der Daten. Pocket-PCs (siehe Kapitel 3.2.1), oder andere sog. Datenlogger stehen bei der Messung per pedes hier zur Wahl, müssen allerdings erst mit der nötigen Software bestückt werden. Für den Casio Cassiopeia inklusive der Software Fieldrover (Einzelpreis 770,- €) und Verbindungskabel zum DGPS- Gerät (80,- €) verlangt AgriCon 1980,-€.

Ein nur auf das Flächenaufmass beschränkter Kostenvergleich mit Lohnunternehmern ist nicht sinnvoll, da die Geräte nur einmal für diesen Zweck verwendet werden.

2.2.2 Kosten bei Inanspruchnahme von digitalisierten Flurkarten

Eine weitere Möglichkeit möglichst exakte Feldgrenzen zu erlangen, ist die Verwendung von digitalisierten Flurkarten. Man erhält sie vom gebietszuständigen Vermessungsamt. Berechnet werden jedoch nicht nur die eigenen Flurstücke, sondern auch alle Flurstücke, die dazwischen liegen. Die Folge ist, dass die Kosten umso höher sind, je zersplitterter die Gesamtfläche ist und vor allem je weiter die Flurstücke auseinander liegen. Die Ausgabe der Koordinaten und der Auszüge aus den digitalisierten Flurkarte erfolgt auf Datenträger. Die Kosten dafür sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

Grundgebühr und erstes Flurstück	28,15 EUR
2. bis 500. Flurstück je	2,55 EUR
501. bis 5000. Flurstück je	1,00 EUR
Ab dem 5001. Flurstück je	0,50 EUR

Quelle: VERMESSUNGSAMT STRAUBING

Natürlich ist diese Art der Flächenvermessung viel billiger. Nachteilig ist jedoch die Tatsache, dass die Feldgrenzen der digitalisierten Flurkarte nicht immer mit den tatsächlichen Grenzen übereinstimmen. Die entstehenden Differenzflächen können

zu Problemen bei Anwendungen führen (s.o.). Aus diesem Grund ist diese Art der Vermessung nicht zu empfehlen.

2.3 Kosten bei der Erfassung der Standortcharakteristika

Sind die Flächen erst einmal vermessen und die Grenzen festgesetzt, folgt der nächste wichtige Schritt: Die Erfassung von Standortcharakteristika, die das Ertragspotenzial entscheidend beeinflussen. Nur wer die Bedingungen im Boden kennt, kann auch entsprechend handeln. Dass sich diese innerhalb weniger Meter grundlegend verändern können ist leicht zu belegen. Die Auswirkungen von Staunässe und Verdichtungen, von verschiedenen Bodenarten und Reliefs sind fast in jedem Wachstumsstadium einer Feldfrucht zu erkennen.

Diese räumlichen Standortunterschiede gilt es zu identifizieren, zu charakterisieren und räumlich auszugrenzen. Mit Identifizieren ist das Feststellen von räumlichen Unterschieden gemeint, ohne die unterschiedlichen Ausprägungen der Heterogenität zu bewerten. Die qualitative Bewertung mittels Parameter erfolgt dann im Zuge der Charakterisierung des Bodens. Bodenart, Bodenumfang oder auch Humusgehalt sind nur einige wenige der möglichen Parameter. Die Ausdehnung der identifizierten und charakterisierten Unterschiede wird schließlich durch die räumliche Ausgrenzung belegt (vgl. JARFE, S.37 f.)

All diese Daten sind nötig, um mittels geeigneter Software Applikationskarten zu erstellen. Diese Karten bilden später auf Chipkarten gespeichert die Grundlage für die auszuführenden Anwendungen. Diese Vorgehensweise entspricht dem sog. Mapping- System (mapping approach).

Oft reichen jedoch die Daten aus der Vergangenheit nicht aus und man benötigt aktuelle (Tages-) Daten der Situation. Beim sog. Realtime- System (online sensor approach) werden die benötigten Daten durch verschiedene Online- Sensorsysteme erfasst.

Genauere Erläuterungen zu diesen Systemen und einer Mischform beider Systeme sind im Kapitel 4.3.2 zu finden.

Es bestehen folgende Möglichkeiten, die mehr oder weniger brauchbar bzw. notwendig sind, um die Standortcharakteristika zu erfassen und somit Teilflächen abzugrenzen und deren Ertragspotenzial abzuschätzen:

- Eigene Erfahrungen
- Ertragskartierung
- Reichsbodenschätzung
- Reliefinformationen
- Messung elektrischer Leitfähigkeit
- Bodenbeprobung/ Bodenansprache
- Fernerkundung

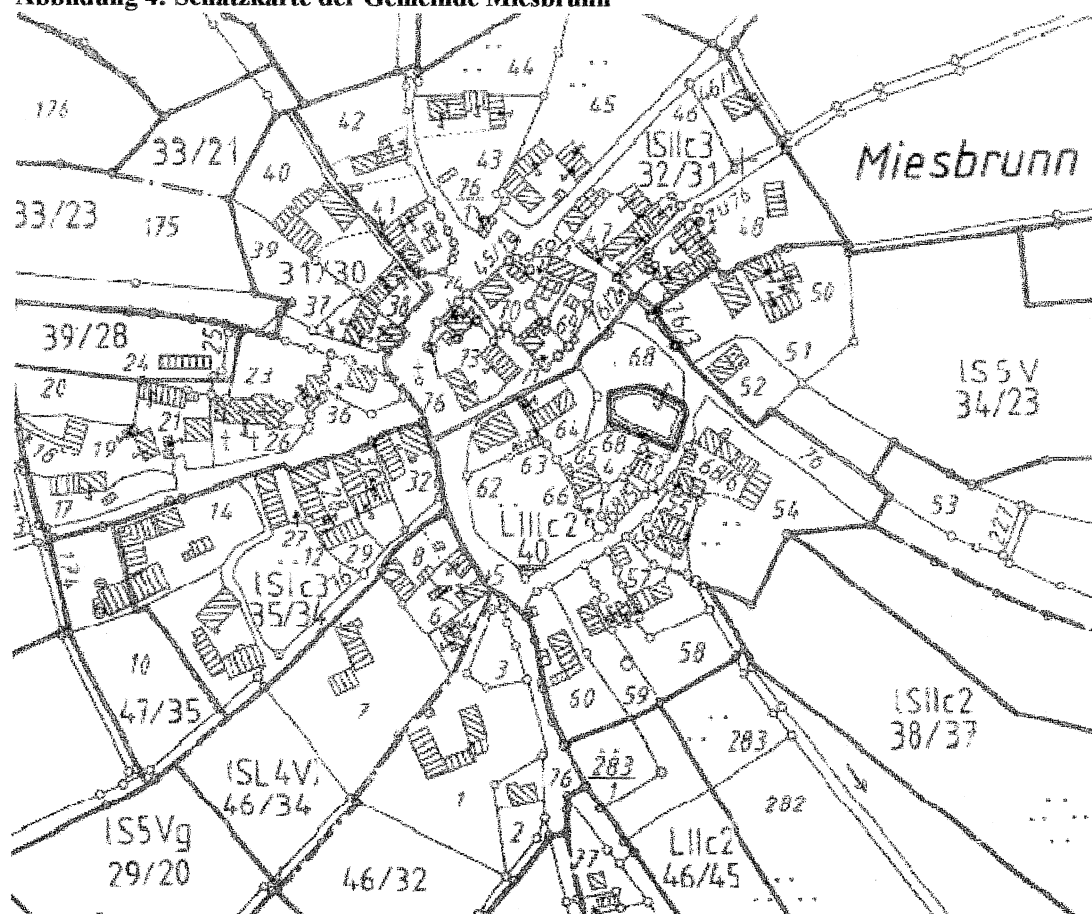
Leider ist keine dieser Maßnahmen die Optimallösung. Es empfiehlt sich vielmehr mehrere Methoden miteinander zu kombinieren und so Nachteile der Einzelnen zu beseitigen (ibid.).

Aussen vor bleiben die eigenen Erfahrungen, trotz der einfachen und billigen Erstellung. Zu ungenau ist hier die Bestimmung von Lage und Dimension der Unterschiede. Als sinnvolle Ausgangsbasen sind vielmehr die Reichsbodenschätzung und die Ertragskartierung zu nennen.

2.3.1 Reichsbodenschätzung

Die Reichsbodenschätzung wurde in den 30er Jahren des 20. Jahrhunderts durchgeführt. Angewandt wurde damals ein 50 m x 50 m Beprobungsraster. So entstanden für die gesamte Acker nutzfläche Deutschlands Karten mit einheitlichen Kriterien. Die Karten sind auch heute noch überraschend oft aktuell, wenn es darum geht in sich homogene Teilflächen voneinander abzugrenzen (vgl. PRE AGRO(2001) Boden). Zudem geben sie Informationen über deren natürliche Ertragsfähigkeit durch die Angabe von Bodenart, Zustand des Bodens, Entstehungsart und Ackerzahl. Die folgende Grafik stellt eine derartige Karte des Ortes Miesbrunn, Gemeinde Pleystein, Landkreis Weiden dar.

Abbildung 4: Schätzkarte der Gemeinde Miesbrunn



Quelle: <http://www.geodaten.bayern.de/schaetz5.html>

Doch es kommt besonders bei alten Karten immer wieder vor, dass die Ausdehnung der kartierten Bodenwerte nicht mit der Ausdehnung aktueller Bodenwerte übereinstimmt. Diese Abweichungen infolge bodengenetischer Prozesse können, durch Nachvollziehung eben dieser, oder durch gezielte Bodenproben korrigiert werden.

Die Karten können von dem zuständigen Katasteramt z.T. bereits in digitalisierter Form bezogen werden. Die Kosten belaufen sich dabei auf rund 200,- € pro Kartenblatt (vgl. JARFE, S. 38 f.).

2.3.2 Ertragskartierung

Die Ertragskartierung lieferte Anfang der 90er Jahre zum ersten Mal Material über die Dimension der Ertragsunterschiede innerhalb eines Schlates. Und genau hier liegt auch schon das Problem dieser Methode: Das Resultat der Inhomogenität ist sichtbar, die Gründe lassen sich jedoch nur bedingt erschließen. Die festgestellte Variabilität ist nämlich das Ergebnis vielfältiger Einflüsse. Neben Bodenparameter sind dies auch bewirtschaftungsbedingte Faktoren wie Frucht- und Sortenwahl, Düngungsniveau, Pflanzenschutzinsatz und klimatische Bedingungen (v.a. Niederschlagsverteilung während der Wachstumszeit).

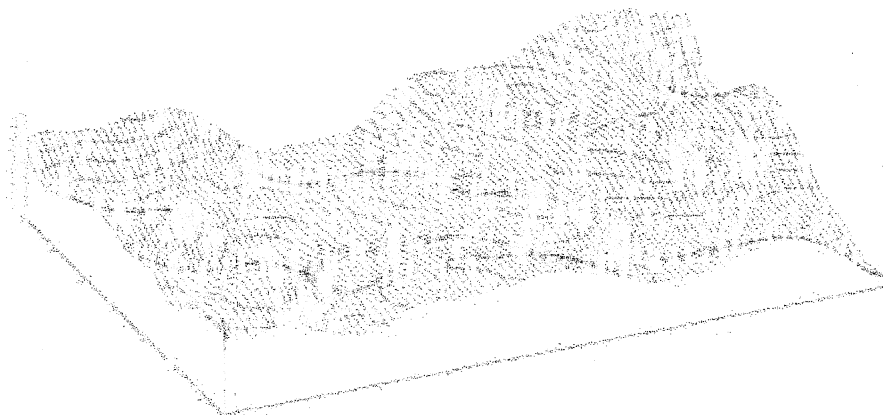
Vergleicht man jedoch die Ertragskarten eines Schlates über mehrere Jahre hinweg, so lassen sich oft, aber leider nicht immer dieselben Muster finden. Die besten Ergebnisse hinsichtlich der Abgrenzung von unterschiedlichen Ertragspotenzialen lassen sich in Gebieten erzielen, in denen aufgrund der geringen Niederschläge die Wasserspeicherfähigkeit des Bodens entscheidend auf den Ertrag einwirkt (vgl. JARFE, S.38 ff.).

Die Kosten für diese Methode sind sehr unterschiedlich. Nimmt man einen Lohnunternehmer in Anspruch, so belaufen sich die Kosten auf 0 bis 2 € pro Hektar zusätzlich. Beim Kauf eines Mähdreschers kann es mittlerweile durchaus sein, dass ein Mährescher serienmäßig mit GPS und Ertragskartierungssystem ausgestattet ist, wie der Lexion 480 von CLAAS beweist. Wird hingegen ein vorhandener Mähdrescher ausgerüstet, ist z.T. mit hohen Kosten zu rechnen. So kostet die lokale Ertragsermittlung mit Ertragskartierung bei einer zu dreschenden Fläche von 500 ha 3 bis 7 € pro Hektar (vgl. DEMMEL (2001): S.18) Die große Kostenspanne ergibt sich durch den Preisunterschied der angebotenen Systeme. Wie die Ertragskartierung funktioniert und welche Kosten für die einzelnen Systeme verschiedener Hersteller anfallen wird in Kapitel 4 beschrieben.

2.3.3 Reliefinformationen

Auch das Relief nimmt entscheidend Einfluss auf die Ertragsfähigkeit des Bodens. Besonders die Prozesse der Bodenbildung und der Wasserhaushalt (Wasserzufuhr, Grundwasseranschluss, Vernässungszonen etc.) werden beeinflusst. Anwendung im Teilflächenmanagement finden vor allem sog. „Digitale Geländemodelle“ (DGM). Diese sind bereits in verschiedenen Rasterungen bei den zuständigen Landratsämtern verfügbar. Im 50 m x 50 m Raster sind sie für ganz Deutschland zum Preis von 3,- € pro km² erhältlich. DGM im 25 m x 25 m Raster für 15,- €/ km² und 10 m x 10 m Raster für 50,- € mit bzw. 30,- € ohne Strukturinformationen sind nur für bestimmte Teilgebiete zu erhalten. DGM können jedoch auch mit präzisen DGPS- Geräten während der Überfahrt erstellt werden. Abbildung 8 stellt ein auf diese Weise generiertes Modell dar.

Abbildung 8: DGM eines Schlages

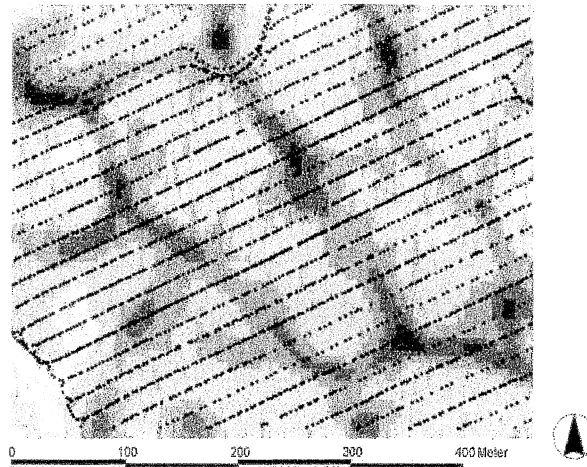


Quelle: PRE AGRO Teilbereich Reliefinformationen

Aus diesem Modell können nun potenzielle Vernässungsbereiche im Schlag aus Zuflussfläche und dem Gefälle abgeleitet werden. Darstellungen auf Basis des Topographischen Wetness⁵- Index (TWI) wie die Abbildung 9, geben wertvolle Hinweise für die Planung von Bodenbearbeitung, Aussaat, Düngungs- und Pflanzenschutzmaßnahmen.

⁵ wetness = Feuchte

Abbildung 9: WTI- Darstellung eines Schlages



Quelle: PRE AGRO Teilbereich Reliefinformationen

Dunkle Bereiche zeigen höhere Feuchte an, helle Bereiche geringe Feuchte. Die gepunkteten Linien sind die in jeder Sekunde gespeicherten Höhen- Messpunkte des DGPS in den Fahrspuren. Die Generierung solcher Karten wird von Agricon nur in Verbindung mit der Bodenleitfähigkeitsmessung angeboten (s. Kapitel 2.3.4).

Großer Vorteil der DGM ist die zeitlich fast unbeschränkte Gültigkeit der Ergebnisse, d.h. sie muss nur einmal durchgeführt werden.

2.3.4 Bodenleitfähigkeitsmessung

Die Messung der elektrischen Leitfähigkeit ist eine weitere, v.a. schlagkräftige Methode, Informationen über den Boden zu erhalten. Hierbei wird ein sog. Bodenscanner hinter dem Beprobungsfahrzeug in den vorhandenen Fahrspuren oder entsprechenden Abständen (9- 36 m, in Abhängigkeit der Schlaggröße) über das Feld gezogen (siehe Abbildung 10).

Abbildung 10: Bodenscanner



Quelle: AgriCon Katalog 2002

Dieser Bodenscanner besteht aus dem Messgerät EM 38, einem hoch präzisen DGPS- Gerät, einem Messschlitten und einem entsprechendem Online-Aufzeichnungsgerät.

Das elektromagnetische Messgerät EM 38 misst während der Überfahrt die scheinbare elektrische Leitfähigkeit des Bodens und zwar mit folgendem Ablauf: Eine Senderspule induziert ein primäres elektromagnetisches Wechselfeld (14,6 kHz) im Boden, das dort ein schwaches sekundäres Feld erzeugt. Dieses wiederum wird von der Empfangsspule registriert. Anschließend lässt sich aus dem Verhältnis beider Felder die scheinbare elektrische Leitfähigkeit ableiten. Die Leitfähigkeit bis in eine Tiefe von 1,50 m wird dabei als Summenparameter ermittelt, der hauptsächlich vom Ton- und Schluffgehalt, dem Bodenwasser, der Ionensättigung und der Lagerungsdichte bestimmt wird (vgl. AgriCon Katalog 2002).

Im Sekundentakt werden nun online die DGPS- Koordinaten (dreidimensional) und die Messwerte zeitgleich digital aufgezeichnet. Mit dieser Methode ist eine Tagesleistung von 130 bis 170 ha möglich. Es besteht zudem eine hohe Messpunktdichte von 300 bis 350 Messpunkten pro Hektar.

Das Ergebnis der Messfahrt ist eine Karte, die die Variabilität der elektrischen Leitfähigkeit des Bodens darstellt. Dazu wird von AgriCon eine Reliefkarte generiert. Auf Grundlage beider Karten kann eine gezielte Bodenbeprobung erfolgen. Ausgegeben werden die Ergebnisse analog auf Papier und digital auf Datenträger als ESRI (Environmental Systems Research Institute) shape- file.

Die Grundpreise für diese Methode richten sich wie so oft nach der Gesamtauftragsgröße:

Gesamtauftragsgröße	Kosten
1- 100 ha	7,70 €/ha
101- 200 ha	6,30 €/ha
201- 500 ha	6,00 €/ha
501- 1000 ha	5,80 €/ha
1001- 1500 ha	5,40 €/ha
ab 1501 ha	4,80 €/ha

Quelle: AGRICON KATALOG 2002, S.9

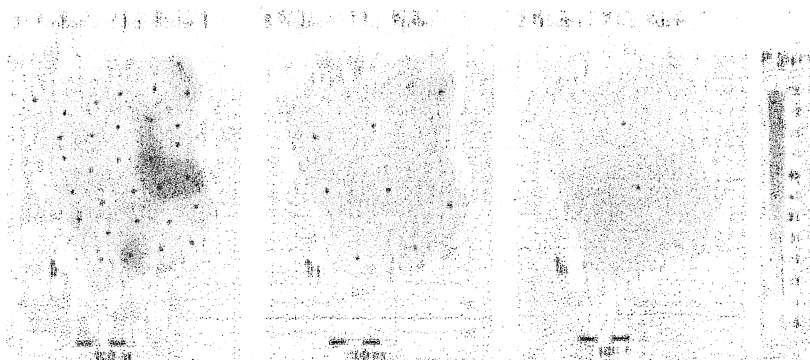
Diese Preise gelten für Fahrgassenabstände von 18- 27 m; bei kleineren Abständen erfolgen Zuschläge, bei Größeren Abschläge. Zusätzlich werden auch wieder Rabatte in Höhe 2% - 15% je nach Auftragsvolumen pro Anfahrt gewährt.

2.3.5 Bodenbeprobung

Seit geraumer Zeit verpflichtet die Düngeverordnung den Landwirt zur regelmäßigen Entnahme von Bodenproben. Diese Entnahmen dienen jedoch meist nur der Feststellung der Makronährstoffe. Das verwendete Raster ist fast immer starr, zu weiträumig angelegt und auch die Kartierung der Ergebnisse ist meist viel zu ungenau.

Zur Ertragspotenzialabschätzung sind engere Rasterungen (1- 2 ha) und die Analyse mehrerer Bodenparameter notwendig. Zudem sollten die Probenahmepunkte mit DGPS aufgezeichnet werden um eine genaue Kartierung zu erreichen. Welche Auswirkungen zu weite Rasterungen auf die Brauchbarkeit der Karten (hier: Bodennährstoffkarten Phosphor) haben, ist in folgender Abbildung ersichtlich.

Abbildung 11: Bodennährstoffkarten Phosphor



Quelle: DLZ AGRARMAGAZIN 3/2000, S.58

Die hohen Kosten für die Probenanalyse geben einen gewissen Rahmen vor, welches Raster noch zu finanzieren ist und welches nicht mehr. Tabelle 6 gibt einen Überblick über die zu erwartenden Ausgaben:

Ha	1 ha Raster	3 ha Raster	5 ha Raster
1- 100	9,90 €	6,10 €	5,20 €
101- 200	9,50 €	5,80 €	4,80 €
201- 500	9,30 €	5,40 €	4,40 €

501- 1000	9,20 €	5,00 €	4,00 €
1001- 1500	8,90 €	4,80 €	3,60 €
ab 1501	8,40 €	4,20 €	3,00 €

Quelle: AGRICON KATALOG 2002, S.7

Rabatte von 2%- 15%, die bei größeren Auftragsvolumen pro Anfahrt gewährt werden, senken die Kosten nur gering. Deshalb empfiehlt sich eine Beprobung mit variablem Raster auf Basis der Ergebnisse anderer Verfahren, wie Bodenscanner oder Schätzkarten (vgl. JARFE, S.38)

Auch bei der Art und Anzahl der Analysen bestehen preisliche Unterschiede. So verlangt AgriCon bei der Analyse von

- P, K, Mg, pH- Wert 7,50 €/Probe
- Spurenelementen (B, Zn, Mn, Mo, Cu) 10,50 €/Element
- Humus 8,50 €/Stück
- Bodenart 12,00 €/Stück

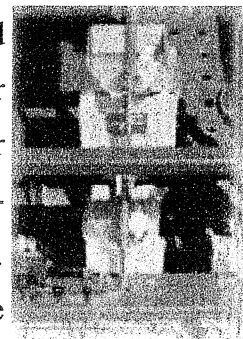
zusätzlich.

Besonders bei der Analyse der Bodenart und Humus empfiehlt es sich, nur einzelne gezielte Bodenproben zur Korrektur anderer Grundlagen (z.B. Reichsbodenschätzung) zu machen.

Natürlich besteht auch hier die Möglichkeit sich die notwendigen Geräte selbst zu beschaffen. Benötigt werden ein Trägerfahrzeug, ein GPS- Gerät mit Korrekturdienst und ein Bodenprobenehmer, der GPS- kompatibel ist. Das Angebot beginnt bei relativ einfachen, billigen Probenehmern, wie die Bodenprobe- Entnahme- Geräte BPEG 60 "System Weihenstephan":

Abbildung 12: BPEG 60 Elektro

Der BPEG 60 Elektro ist fahrzeugunabhängig, flexibel und kostengünstig (ab 2500,- €). Das Bohrwerkzeug wird von einer 12V Fahrzeug- Elektrik angetrieben. Unabhängig von der Bodenfestigkeit (auch bei Frost!) entnimmt der Bohrer Probenmaterial in zwei Schichten von 0-30 cm und 30-60 cm. 10-15 Bohrungen ergeben eine für die Analyse ausreichende Mischprobe von 100- 200 g.



Quelle: [http://www.wockenfuss-](http://www.wockenfuss-agrartec.de/Produkte/Fritzmeier/body_fritzmeier.html)

[agrartec.de/Produkte/Fritzmeier/body_fritzmeier.html](http://www.wockenfuss-agrartec.de/Produkte/Fritzmeier/body_fritzmeier.html)

Der BPEG hydro (ab 4100 €) kann an jede 3-Punkt-Hydraulik angebaut werden. Das Gerät wird mit Ölmotor betrieben und arbeitet vollautomatisch in jeder Bodendichte. Bei 10 bis 15 Bohrungen in einer Tiefe von 0-30 cm und 0-60 cm werden die Bodenproben in einer Schicht entnommen und automatisch aufgefangen. Durch die Bohrspindel wird die Menge des Bodenmaterials erheblich reduziert.



Abbildung 13: BPEG 60 hydro

Quelle: http://www.wockenfuss-agrartec.de/Produkte/Fritzmeier/body_fritzmeier.html

Diese Geräte schaffen im Durchschnitt 3- 4 Standard- Mischproben pro Stunde, die Bedienung erfolgt manuell und die Entnahmetiefe ist auf 30 und 60 cm beschränkt. Geräte im gehobenen Preissegment, wie der Profi 60 von FRITZMEYER (ab 7000,- €), schaffen hingegen durchschnittlich 8- 10 Mischproben pro Stunde. Die Bedienung erfolgt vollautomatisch und es ist jede Entnahmetiefe von 0- 60 cm möglich. Sollen tiefere Bereiche beprobt werden und die Bodenansprache analysiert werden, ist der Multiprob 120 von NIETFELD (ca. 17000- 18000 €) das richtige Geräte. Dieses Gerät ist ein vollautomatischer Bodenprobenehmer für Entnahmetiefen von 10- 90 cm, mit gleichzeitiger Aufzeichnung von Verdichtungsverhältnissen im beprobten Bereich. Es handelt sich um ein schlagendes System, bei dem eine Nutstange mit einem hochfrequenten Schlagwerk (2000 Schläge/min) in den Boden geschlagen, gedreht und wieder herausgezogen wird. Beim Hochziehen des Bohrstocks erfolgt die Entleerung. Dabei gelangt das Probematerial automatisch in die vorgesehenen Behälter. Zudem ist das Gerät aufgrund seiner elektronischen Messeinheit in der Lage, bei jedem Einschlagen des Bohrstocks ein Bodenwiderstandsprotokoll zu erstellen (vgl. NIETFELD).

Die Entscheidung für eines dieser oder ähnlicher Geräte hängt davon ab, welche Analysen man erstellen will, wie viel Komfort und welche Genauigkeit man sich

leisten will bzw. kann. Eine möglicherweise günstige Alternative wäre auch ein Anmieten der Geräte. Angeboten wird dies von CIS GMBH:

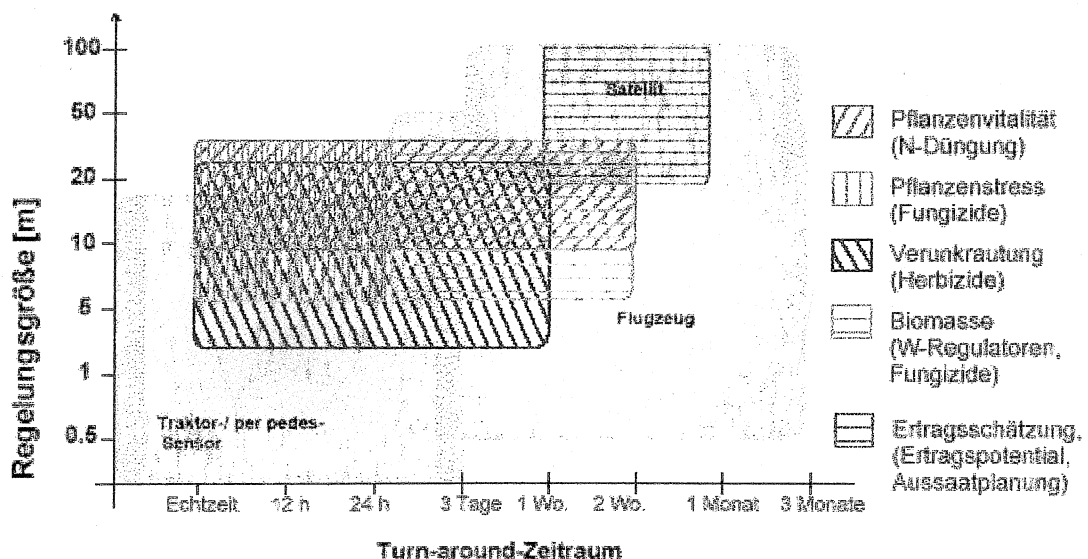
Die Miete eines kompletten DGPS Probenfahrzeuges beträgt demnach ca. 150,- € (300,- DM)/Tag, wenn eingewiesenes Personal vorhanden ist, bzw. ca. 400,- € (800,- DM)/Tag mit Bediener. Beprobungen von bis zu 160 Hektar/ Tag im 1ha Raster sind möglich. Da die Übernahme und Rückgabe des Fahrzeugs mit vollen Tanks erfolgt, müssen rund 20,- €/Tag hinzugerechnet werden.

Selbst die Analyse könnte durch Anschaffung geeigneter Systeme, wie dem „Laborsystem Weihenstephan“ von Fritzmeier in Eigenregie durchgeführt werden.

2.3.6 Fernerkundung

Die Fernerkundung dient als weiteres Verfahren der Beschaffung von Bodeninformationen. Die datenliefernden Aufzeichnungen können von verschiedenen Aufnahmeplattformen aus gemacht werden. Satelliten und Flugzeug liefern großräumige Aufzeichnungen aus weiter Ferne, Sensoren am Traktor hingegen detaillierte Aufnahmen aus nächster Nähe. Wann welche Plattform am besten geeignet ist zeigt die folgende Abbildung:

Abbildung 14: Eignung verschiedener Sensorplattformen für verschiedene Parameter



Quelle: Pre Agro (2001), Teilbereich Fernerkundung

Die Turn-around-Zeitachse gibt die Zeiträume an, die zwischen Erfassung und Verfügbarkeit der aufgenommenen Daten liegen. Fernerkundungen können, wie aus der Abbildung ersichtlich, sowohl im Mapping-System als auch im realtime bzw. nach realtime-System eingesetzt werden. Doch welche Bilder, von welchen Plattformen, sind nun besser zu gebrauchen? Dazu eine kurze Erklärung von LETTNER: „Von Flugzeugen aufgenommene Bilder sind in der Regel einfache Luftbilder, die nur im panchromatischen Bereich, dem Bereich des sichtbaren Lichtes, abbilden. Satelliten haben sowohl die Möglichkeit im panchromatischen als auch im multispektralen Bereich Daten zu erfassen. Der Vorteil multispektraler Daten liegt in ihrem breiteren Informationsgehalt gegenüber monospektralen Daten“ (LETTNER et al.).

Einzelne Pflanzen sind jedoch durch diese Satellitenaufnahmen nicht unterscheidbar. Die Aufnahmen dienen durch ihr 20 bis 30 m Raster vielmehr zur Erkennung von Inhomogenitäten des Bodens und der Vegetation. Momentan in der Landwirtschaft verfügbare Satelliten mit ihren Leistungsmerkmalen sind in Tabelle 8 zusammengestellt.

Tabelle 8: In der Landwirtschaft angewandte Satelliten					
Bezeichnung des Satelliten	Auflösung		Anzahl der Bänder	Durchschnittliche Bandbreite	Revisi-rate
	Multispektral	Panchromatisch			
Landsat 4/5	30 / (60) m	-	7	90-100 nm	16 Tage
Spot 1, 2, 4	20 m	10 m	3 / 1	90 nm	26 Tage
IRS-1 C&D	23 / 70 m	5,8 m	4 / 1	120 nm	24 Tage

Quelle: GABRIEL und HAVERESCH, 1999

Die Daten sind nur in bestimmten Intervallen und als ganze Szene, nicht als bestimmte Ausschnitte verfügbar. Grund ist die feste Umlaufbahn der einzelnen Satelliten um die Erde. Größe und Kosten der Szene sind in Tabelle 9 aufgeführt.

Tabelle 9: Größe und Kosten von Satellitenaufnahmen			
Satellit	Kosten		Größe
	Multispektral	Panchromatisch	
Landsat 4/5	3660,- €	-	180 x 180 km
Spot 1, 2, 4	2130,- €	2660,- €	60 x 60 km
IRS-1 C&D	2770,- €	2560,- €	70 x 70 km / 140 x 140 km

Quelle: LETTNER et al. S.132; Preise in € umgerechnet und auf 10 € aufgerundet

Man sieht, dass die Auflösung relativ schlecht ist und noch dazu ziemlich teuer. Die Daten stammen von 1999. Ob sich die Preise seither stark verändert haben ist zu bezweifeln. Heute sind aufbereitete Luftbilder (Abbildungen 15.1- 15.4) von verschiedenen Dienstleistern wie Agrolab oder Agrosat zum Preis von 2,60 –2,70 €/ha erhältlich (Firmenaussagen). KOTTENRODT rechnet mit 2 bis 5 € inklusive der nötigen Aufbereitung.

Die bis jetzt noch nicht besprochene Fernerkundung mit Sensoren am Traktor findet vor allem bei der ortsspezifischen Düngung und Unkrautbekämpfung statt. Die Kosten werden in Kapitel 4.3.2 dargestellt.

Fernerkundung findet jedoch nicht nur im realtime- Verfahren Anwendung, sondern wird auch beim mapping- bzw. Kartierungsverfahren eingesetzt. Eine aktuelle Aufnahme reicht jedoch nicht aus. Ähnlich wie bei der Ertragskartierung durch den Mähdrescher, erlaubt nur eine mehrjährige Ermittlung von Ertragsunterschieden die Festlegung von dauerhaften, fruchtartunabhängigen Hoch- und Niedrigertragszonen.

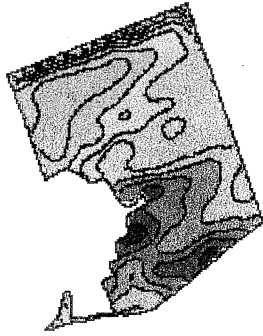


Abbildung 15-1: 1995 Winterweizen

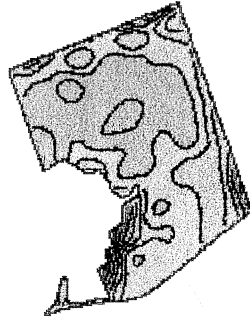


Abbildung 15-2: 1996 Wintergerste

hohe
Biomasse

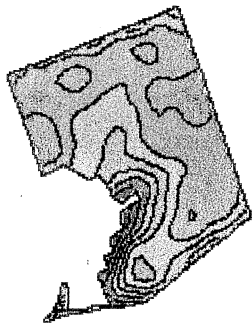


Abbildung 15-3: 1997 Wintergerste

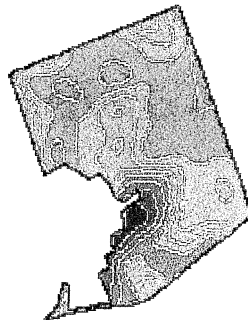


Abbildung 15-4: 2000 Winterweizen

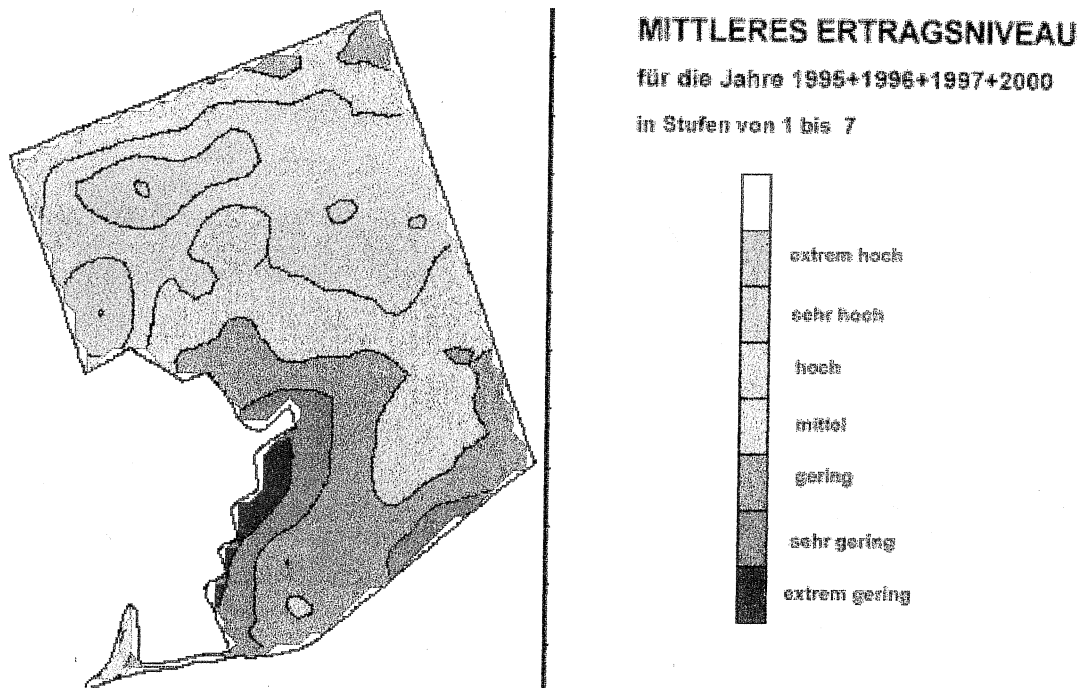
geringe
Biomasse

Quelle: <http://www.agrolab.de/HOME/acro/gps7.htm>



Die Abbildungen 15.1- 15.4 zeigen die NIR (Nahinfrarot)- Karten eines Feldes in verschiedenen Jahren und mit unterschiedlichen Feldfrüchten. Führt man nun diese Karten zu einer einzigen zusammen, hat man eine Grundlage (Abbildung 16) für spätere Applikationen geschaffen. Mit geeigneter Software und Kartenmaterial könnten sie auch in Eigenproduktion generiert werden (s. Kapitel 3.1).

Abbildung 16: Ertragskarte ermittelt aus Karten mehrerer Jahre

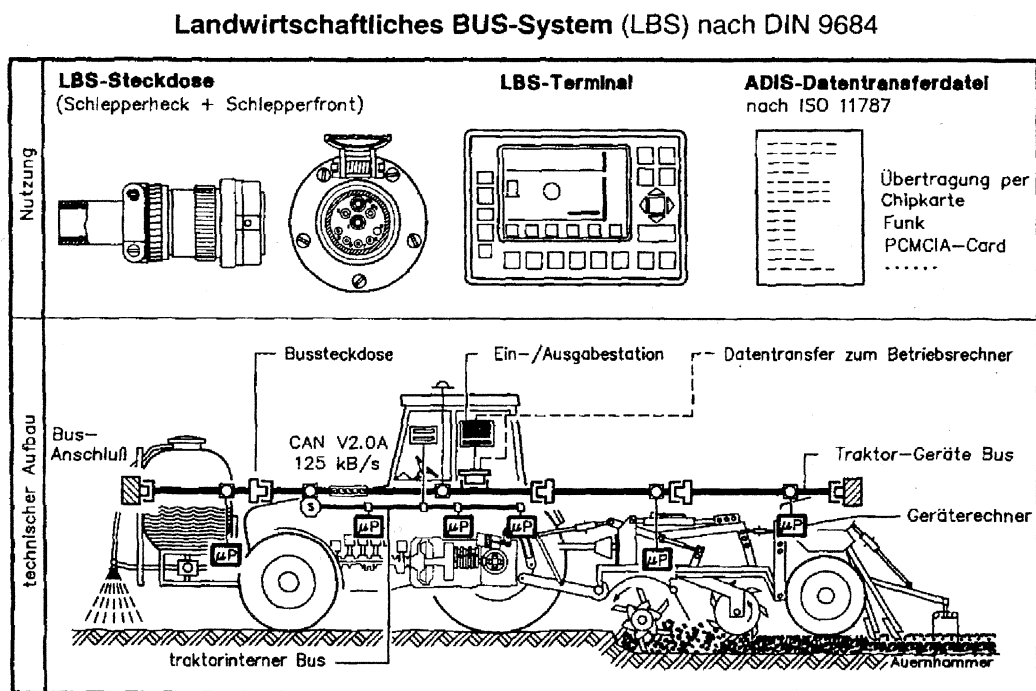


Quelle: <http://www.agrolab.de/HOME/acro/gps7.htm>

3 Notwendige Investitionen für die Datenauswertung

In einem Artikel der AGRARWIRTSCHAFT halten SCHÖN und AUERNHAMMER fest: „Neben dem Ortungssystem ist für einen rechnergestützten Pflanzenbau ein standardisiertes Kommunikationssystem an den mobilen Geräten, insbesondere am Schlepper, erforderlich. Ähnlich der Dreipunkthydraulik sind eindeutige Schnittstellen zu schaffen und in Form von genormter Hardware (Stecker, Kabel, Bedieneinheiten, Chips) und Software (Form der Kommunikation, Übertragungsraten, Adressen, Dateninhalte, Dateiformate) in die Technik zu integrieren. Mit dem Landwirtschaftlichen BUS-System (LBS) steht seit 19.1.1998 die erforderliche Norm zur Verfügung ...“ (Abbildung 17).

Abbildung 17: LBS



Quelle: AUERNHAMMER (1994), S.104

Auf der Agritechnica 1997 wurden dann auch viele Exponate dieses Systems gezeigt. Auf der Agritechnica 2001 hieß das neue Schlagwort im Bereich Precision Farming ISOBUS. Doch was ist ISOBUS? Dazu ein Auszug aus der Homepage von ISOBUS: „Bei ISOBUS handelt es sich um die gemeinsame Spezifikation der Hersteller zur Anwendung der Internationalen Norm ISO 11783 Serial control and communications data network. Diese Internationale Norm stellt die Weiterentwicklung des Landwirtschaftlichen BUS-Systems LBS dar. Die Einbeziehung der neuesten

Entwicklungen in der Elektronik⁶ und die Festlegung in einem internationalen Standard unter Beteiligung aller Hersteller garantieren die Zukunftssicherheit und Eignung für die landwirtschaftliche Praxis. Da die ISO- Norm selbst zu umfangreich und zu komplex für die direkte Anwendung ist, wurde mit ISOBUS daraus eine anwendungsorientierte Spezifikation abgeleitet. Zur Einführung steht ISOBUS Implementation Level 1 zur Verfügung. Diese Version wird – wie es auch in anderen Bereichen üblich ist – immer an den neuesten Stand angepasst und mit ISO 11783 abgeglichen. Die Folgeversionen werden rückwärts- kompatibel sein“ (URL: http://www.isobus.net/isobus_D/isobus.html).

Folgende Unternehmen unterstützen diese Initiative und bieten auch schon der Norm entsprechende Produkte an: Agrocom, Amazonen-Werke, Case IH, Claas, AGCO Dronningborg, Fendt, Geotec, Grimme, Hardi, Holder, John Deere, Krone, Kverneland Group, Lemken, LH Technologies, Massey Ferguson, Müller Elektronik, New Holland, Rauch, Steyr, Valtra, GKN Walterscheid, WTK Elektronik (Stand: November 2001).

Nach diesem Exkurs zu neuen Standardisierungen in der Landwirtschaft, zurück zu den notwendigen Investitionen im Bereich Datenverarbeitung: Um aus den von verschiedenen Quellen gewonnenen Datensätze Applikationskarten zu erstellen, benötigt der Betrieb Softwareprogramme, mit denen eine Teilschlagverwaltung möglich ist. Von den Programmen wird verlangt, dass sie

- Ertragskarten sowie weitere teilflächenspezifische Daten einlesen können,
- aus verschiedenen Datenquellen Applikationskarten erstellen können
- und möglichst viele Schnittstellen zu Produkten von Hardwareanbietern aufweisen können.

⁶ vor allem GPS, Anmerkung des Autors

3.1 Vorstellung verschiedener Softwarelösungen

Wie gerade erwähnt, muss die Software mehr bieten als eine gewöhnliche Ackerschlagkartei. Hilfreich ist hier eine Schlüsseltechnologie des Precision Farming: GIS. Sie ermöglicht das Importieren verschiedener Karten und Informationen. Beim Kauf von Softwareprogrammen sollte deshalb auf die Kompatibilität mit Quelldatenformaten geachtet werden. Die angebotenen Softwareprogramme lassen sich in folgende Gruppen einteilen:

1. Programme, die Dateien einlesen und verarbeiten können, jedoch nicht in der Lage sind Karten auszugeben, auf deren Grundlage sog. manuelle teilflächenspezifische Applikationen durchgeführt werden können.
2. Programme, die Dateien einlesen, verarbeiten und Karten generieren, auf deren Grundlage sog. manuelle teilflächenspezifische Applikationen durchführbar sind.
3. Programme die Applikationskarten erstellen können.

Nachfolgend werden kurz einige Softwareprogramme verschiedener Firmen vorgestellt. Die Angaben zu den Softwareprogrammen stammen aus Broschüren, Homepages und Katalogen der Hersteller.

Nachfolgende Programme gehören der 1. Gruppe an:

MultiPlant GEO von Helm- Software

Ausgangsbasis ist eine klassische Ackerschlagkartei. Diese wird mit einer GIS-Oberfläche verbunden. Folgenden Anforderungen werden erfüllt:

- Schnittstelle Bordcomputer Müller- UNI- Control
- Digitale Flurkarte (GIS)
- Georeferenzierung in Gauß- Krüger und WGS 84
- Vektorisieren von Flurstücken, Schlägen, Anbaueinheiten
- Import von Hintergrundkarten/Luftbildern
- Import von GPS-Daten der Formate DXF, SATCON, Arc- View- SHAPE, HÖLZL
- Import von Ertragskartierung, Bodenproben
- Vermessen, Teilen von Flächen, Vorbereitung Flächennachweis
- Ausdruck beliebiger Kartenausschnitte z.B. für Auftrag Lohnunternehmer

- Einfärben nach Auswertungen MultiPlant (z.B. alle Flurstücke eines Verpächters)
- Datenaustausch mit MP(MultiPlant)- GPS Handy
- Überbetriebliche Auswertung möglich
- Teilbetriebsfunktion (z.B. für Lohnarbeit oder Finanzamt)
- FarmPalm Schnittstelle

Die Preise für diese Helm- Software Produktpalette staffeln sich folgendermaßen:

- MultiPlant GEO 500 (kann bis zu 500 ha/Jahr bearbeiten; Mehrbetriebsverwaltung nicht möglich)
Preis: 1150,- € (Serviceabo: 140,- €),
- MultiPlant GEO 1000 (kann bis zu 1000 ha/Jahr bearbeiten; bis zu 3 Betriebe können verwaltet werden)
Preis: 1400,- € (Serviceabo: 180,- €),
- MultiPlant PREMIUM (keine Hektarbegrenzung; beliebig viele Betriebe)
Preis: 2600,- € (Serviceabo: 340,- €).

ISAMAP von Isagri

Dieses Produkt einer französischen Firma wird in Deutschland über die Audit-GmbH vertrieben. Die Leistungen stimmen in etwa mit denen von MultiPlant überein. Der Preis für ein ähnliches Niveau wie MP GEO 500 ist 1249,- €. Der Servicevertrag wird monatlich abgerechnet und kostet 17,50 €.

Produkte, die der 2. Gruppe angehören:

AgroGIS

AgroGIS ist ein Produkt der Firmen LAND- DATA EUROSOFT, AGRO- CAD Software und HKS. Dieses Produkt ist für 1300,- € erhältlich und bietet nachstehende Dienste:

- Graphische Schlagverwaltung
- Übernahme von Schlagkonturen aus GPS- Vermessungen namhafter Dienstleister und Systeme
- Sperrflächenverwaltung
- Graphisches Schlagmanagement: Teilen und Zusammenlegen von Schlägen einschließlich der davon betroffenen Flurstücke
- Zeichnen, messen und konstruieren von Strecken und Flächen

- Graphische Anbauplanung
- Übernahme digitaler Flurkarten und GPS- Schlagkonturen

Um Teilflächenmanagement zu betreiben, muss ein weiteres Modul zum Preis von ca. 1000,- € angeschafft werden. Mit diesem ist nicht nur die Auswertung von Ertragskarten, Luftbildern und Satellitenaufnahmen, sondern auch die Ermittlung des Düngerbedarfs und der Erstellung von Dünge- bzw. Spritzkarten auf Teilflächenbasis möglich. Des weiteren sind Schnittstellen zur Bordcomputertechnik unterschiedlicher Hersteller vorhanden.

SSToolbox von Agricon

Diese Software kann laut Hersteller noch etwas mehr als die anderen und ist auch dementsprechend teurer. Unterteilt ist das Angebot in folgende Kategorien:

- SSToolkit

Die Software für den Einsteiger in PF (für 2500,- €) kann, wie die oben genannten Programme, die gängigen GIS- Formate und Rasterdaten (Luftbilder, Satellitenbilder, Orthofotos, etc) einlesen. Darüber hinaus sind auch Spezialformate zur Kartierung und Vermessung (Claas, AGCO, LH Agro) importierbar. Im Betriebsmanagement bietet die Software neben der chronologischen Datenhaltung über mehrere Jahre auch die Möglichkeit Zonen wie Unkräuter, Schädlinge oder Varianzen zu managen. Des weiteren sind eine Stresszonenanalyse und eine Routenplanung für Probenahmen möglich.

Das Ausgabeformat der Karten ist wählbar, Graphiken und Tabellen können in diese Karten eingefügt werden.

Die Analysen beinhalten beschreibende Statistiken, wie die Angabe von Mittelwert, Minimum, Maximum und zusammenfassende Statistiken innerhalb von Managementzonen. Auch eine verknüpfte Analyse mehrerer Themen ist ausführbar.

- SSToolboxLite,

wurde entwickelt für Anwender von PF und kostet 4500,- €. Neben den Fähigkeiten des SSToolkit, besitzt diese Software eine weitere: Das Erstellen von Applikationskarten mittels vorhandenen Formeleditors. Das eigene Erstellen einer Applikationskarte und die Ausgabe an diverse Controller ist somit realisierbar.

- SSToolbox,
die „Software für Profis“, wie der Hersteller schreibt ist vor allem für Forschungseinrichtungen gedacht (Preis: 6100,- €). Bei dieser Software wurde der Bereich der Analysen ausgebaut: Kreuzklassifizierungen, bivariate Regressionsanalysen, Statistiken innerhalb von Polygonen, Korrelationsmatrizen, Mittelwerttabellen und Schlagvarianzen zwischen Schlägen können hier erstellt werden.

Die zuletzt genannten Ausbaustufen SSToolboxLite und SSToolbox gehören der 3. Gruppe an. SSToolbox dient überdies dem Verbundprojekt Pre Agro⁷ als Plattform für die Auswertung von eigener Ergebnisse und für die Erstellung von Ertragskarten. Des weiteren passt das Teilprojekt „Software Lohnunternehmer“ diese Plattform den Bedürfnissen von Lohnunternehmer, Maschinenringe und Spezialdienstleister an (PRE AGRO, Boden).

AGRI-Plan

Müller Elektronik bietet dieses Ackerbau- Planungsprogramm inklusive Installation und Einweisung für 1790,- € an. Der Datenaustausch mit einem Terminal (z.B. ACT) erfolgt über eine PCMCIA- Speicherkarte (83,90 €) mit 8 MB (Mega Byte) Speicher. Damit vom PC Daten auf diese Karte gespeichert werden können und umgekehrt, wird ein PCMCIA Schreib- und Lesegerät benötigt (414,- €). Somit belaufen sich die Gesamtkosten dieses Systems auf rund 2280,- €.

3.2 Vorstellung verschiedener Hardwarelösungen

Zur Hardware zählen neben Jobrechner (Geräterechner), Terminal (Bordrechner) auch Übertragungsmedien. Jobrechner und Terminal werden über genormte (DIN 9684.2-5) Leitungen und Steckverbindungen verbunden. Die Kosten hierzu hängen von der vorhandenen Ausrüstung des Traktors ab. Der Datentransfer von mobilen Systemen (z.B. Schlepper) zu stationären Systemen sog. Management- Informations- Systemen MIS (z.B. PC am Betrieb) kann durch verschiedene Übertragungsmedien erfolgen. Bisher wurde als häufigstes Medium die Chipkarte (PCMCIA- Speicherkarte, Preis: s.o.) verwendet. Die Kosten dieser Karte und die Kosten für ein PCMCIA- Lese- und Schreibgerät sind normalerweise weder im Preis der Hardware-

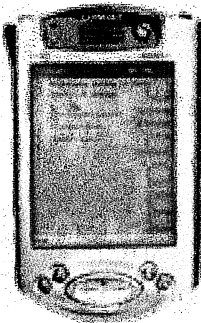
⁷ wird von Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert

noch der Softwaresysteme enthalten. Weitere Übertragungsmedien der Daten sind das Kabel, der Funk oder die Dockingstation, wie im Falle des FarmPalm oder des Pocket- PC.

3.2.1 Pocket- PC und Palmcomputer

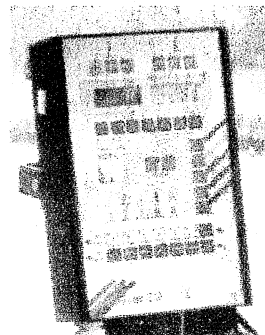
Palmcomputer waren bis vor kurzem noch in aller Munde und Einsatzmöglichkeiten im PF wurden getestet. Die Erfassungsmöglichkeiten und die am Palm- Computer möglichen Auswertungen waren jedoch aufgrund der geringen Rechnerleistung eingeschränkt. Der Pocket- PC (Abbildung 18) auf Windows- CE -Basis ermöglicht hingegen die Verwaltung von umfangreichen Datenmengen und besitzt eine Benutzeroberfläche, die flexibel und leicht bedienbar ist. Darüber hinaus sind noch genügend Reserven für weitere Anwendungen vorhanden. So wird der Pocket- PC mittlerweile als Alternative zum „traditionellem“ Jobrechner (Abbildung 19) oder gar als alternatives Terminal angeboten.

Abbildung 18: Pocket- PC



Quelle: <http://www.abs.at/gps.htm>

Abbildung 19: UNISAT C 3



Quelle: <http://www.micotron.de/>

Dennoch sind weiterhin einige Schwachpunkte vorhanden: Der Stromverbrauch ist zu hoch. Die Bedienung ist durch kleine, wenige Tasten etwas umständlich. Und um ihn vor Stößen, Staub und Beschädigung zu schützen, empfiehlt sich der Kauf einer Schutzhülle. Der Preis des abgebildeten Pocket- PC Compaq iPAQ H3760 beträgt rund 700,- € im Elektronikfachhandel. Mit der nötigen Agrarsoftware versehen wird er ab 2000,- € angeboten.

3.2.2 Universal- Terminals und Jobrechner

Bei den Bordterminals und auch bei den Jobrechnern kann man grundsätzlich zwei Gruppen unterscheiden. Zum einen die teureren universellen Geräte, die an allen Traktoren und Geräten herstellerunabhängig einsetzbar sind. Zum anderen billige Geräte, die speziell für die Bedienung einer gewissen Maschine konzipiert wurden.

Terminals dienen der Angabe und Eingabe von Daten. Diese sollte einfach und schnell vonstatten gehen. Das für PF unerlässliche DGPS- Gerät sollte integrierbar sein. Es folgt Tabelle 10 mit einer Liste angebotener Terminals, zusammengestellt vom Autor, nach der Vorlage von SCHMIDT (DLG- Merkblatt 317: S.14)

Hersteller	Typ	Zusätzliche Schnittstellen	Bedienung	Übertragung zum MIS	Preis in € (Netto)	Bemerkung
Agco	Fieldstar Datavision		Touchscreen, Joystick (optional)	PC- Software, PCMCIA- Karte, Lese-/ Schreibgerät	Ab 6500,- incl. GPS/DGPS- System, Antenne, Montage- Kit	Interner GPS- Empfänger, Externe Empfänger optional
Agrocom	ACT II-40	1 seriell, 1 parallel, analoge/digitale Ein-/Ausgänge	Pfeil- und OK- Tasten, Funktionstasten, Softkey, Joystick (optional)	PCMCIA- Karte, Lese-/ Schreibgerät, Datenfunk	4561,- 5676,- beide incl. Dockingstation; DGPS- Empfänger und Antenne 3865,- Ab 3500,-	Interner GPS- Empfänger externer Empfänger möglich
Müller Elektronik	Basic Terminal	ISOBUS				
GeoTec	GT 2000	2 seriell, Signalsteckdose	Funktionstasten, externe Tastatur oder Joystick möglich	PCMCIA- Karte, Lese-/ Schreibgerät	3000,-	Externer GPS- Empfänger
WTK- Elektronik	Field operator 200 Field operator 205	1 seriell, Signalsteckdose ISOBUS	Tastatur, Funktionstasten, Softkey, Joystick (optional)	PCMCIA- Karte, Lese-/ Schreibgerät	Ab 1800,- Ab 2230,-	Externer GPS- Empfänger

Vergessen werden darf jedoch nicht, dass je nach Anwendung spezielle Software nötig ist. Müller bietet folgende Software speziell für die ACT- Baureihe an:

- ACT- Tag Software für teilflächenspezifische Auftragsbearbeitung zum Preis von 752,- €,
- ACT- Line für Schlagumfahrung (Flächenaufmass) zum Preis von 573,- € und
- ACT- Soil für Bodenbeprobung zum Preis von 557,- €.

3.2.3 Universaljobrechner

Der Universaljobrechner ist eine nach Kundenwunsch programmierbare Steuer- und Regelungs- Elektronik für das Sensor- und Aktor- Management. Mit entsprechender Software, Adaptern und vorhandenen Gerätesensoren ist er für vielfältige Funktionen zu gebrauchen. Dies soll kurz am Beispiel des UNI- Control S der Firma Müller Elektronik aufgezeigt werden.

Zu den Standardfunktionen des UNI- Control S zählt die Ermittlung folgender Kennzahlen: Flächenleistung, Teilfläche, Gesamtfläche, Arbeitszeiten, Strecke, Geschwindigkeit, Zapfwellendrehzahl. Zudem ist es für die Teilbreitenanpassung zuständig und kann die Daten von 20 Arbeitsvorgängen abspeichern.

Zusätzliche Funktionen benötigen spezielle Software und Daten bzw. Signale von Gerätesensoren. Sind diese Voraussetzungen erfüllt, ist der Jobrechner zu nachfolgenden Funktionen befähigt:

- Beim Traktor: Drehzahlüberwachung an angehängten Maschinen.
- Beim Universalstreuer: Vollautomatische Regelung der Ausbringmenge.
- Beim Güllewagen: Vollautomatische Regelung der Ausbringmenge.
- Bei der Feldspritze: Vollautomatische Regelung der Ausbringmenge; Schnelländerung der Ausbringmenge; Steuerung von 16 Teilbreiten; gleichzeitige Anzeige von Geschwindigkeit und Ausbringmenge; Tankinhaltsüberwachung; automatische Abschaltung der Behälterfüllung in Verbindung mit einem weiteren Jobrechner.
- Bei der Sämaschine: Automatische Fahrgassenschaltung bei Sämaschinen mit elektromagnetischer Fahrgassenschaltung.

Alle diese Steuerungs- und Regelungsmöglichkeiten durch einen Jobrechner ermöglichen erst die teilflächenspezifische Bewirtschaftung.

Der Preis dieses Universaljobrechners UNI- Control S liegt bei 1222,- €. Die Ausführung mit Chipkartenleser einschließlich Chipkarte kostet 1717,- €. UNISAT C 3 (Abbildung 12) von Micotron ist bereits ab 1000,- € erhältlich. Weiterführende Daten, besonders Preise für diesen Universaljobrechner konnten nicht in Erfahrung gebracht werden, weshalb von nun an allein auf den UNI Control S eingegangen wird.

Für den Uni Control S benötigt man zusätzlich zum Rechner die Grundausrüstung S für den Schlepper. Diese umfasst Sensoren und Installationsmaterial und kostet zwischen 200,- und 300,- €.

4. Notwendige Investitionen in Maschinen

Die Nachrüstung bereits vorhandener Maschinen und Geräte erfordert je nach technischem Stand geringe bis hohe Kosten. Es gibt verschiedene Gründe, die für eine Nachrüstung erforderlich machen:

- Das Fehlen von Sensoren oder Aktoren.
- Das Fehlen einer LBS- Ausstattung.
- Das Fehlen einer DGPS- Ausstattung bei Traktoren und Mähdreschern.

Bereits beim Neukauf von Maschinen und Geräten sollte man auf die Einrichtung von gewissen Sensoren, Aktoren und Systemen achten und drängen. Denn die Nachrüstung dieser Elemente des PF ist aufgrund der benötigten Arbeitsstunden zur Installation immer teurer.

4.1 Nachrüstungs- bzw. Ausstattungskosten von Traktoren

Viele Traktorenhersteller stellten bei der Agritechnica 2001 in Hannover ihre Traktoren mit „neuer“ ISOBUS- Ausstattung aus. Überall wurde darauf hingewiesen, dass man hiermit auf dem neuesten Stand der Technik ist. Teilweise handelte es sich jedoch um Prototypen, weit entfernt von der Praxisreife. Auf die Frage, was die Ausstattung des Traktors mit ISOBUS kostet, erhielt man meist nur eine ungefähren Preisspanne. Genaue Preise wird man wahrscheinlich erst mit Einführung der Serienreife oder bei gesteigerter Nachfrage erfahren können.

Um dennoch einen ungefähren Anhaltspunkt für die Kosten zu bekommen, kann auf das Angebot von Müller Elektronik zurückgegriffen werden. Die Firma bietet eine sog. Grundausrüstung für den Traktor zum Preis von 462,- € an. Im Lieferumfang enthalten sind ein Jobrechner für den Schlepper, eine LBS- Steckdose für das Heck, ein Batterieanschlusskabel und ein Anschlusskabel für die Zündung. Eventuell nicht vorhandene Sensoren müssen separat nachgekauft werden. Der Preis der Sensoren liegt je nach Verwendungsart und Schlepperhersteller zwischen 33,70 € und 197,- €. Addiert man die Kosten für ein Terminal (z.B. GT 2000 für 3000,- €) und eine DGPS- Ausrüstung (z.B. AG GPS 132 für 4140,- €) kommt man auf eine stattliche Investitionssumme von knapp 7800,- € (Tabelle 11).

Tabelle 11: Investitionsbedarf für LBS- Nachrüstung und DGPS- Ausrüstung von Traktoren

Elemente	Kosten
Sensoren	33,70 € – 197,00 €
Grundausrüstung	462,- €
Bordterminal	3000,- €
DGPS- Ausrüstung	4140,- €
Gesamtinvestitionsbedarf	7635,70 € - 7799,- €

Quelle: eigene Darstellung

4.2 Kosten im Bereich Ertragermittlung mit dem Mähdrescher

Hier besteht die Auswahlmöglichkeit zwischen Eigenanschaffung nötiger Ausrüstung und der Inanspruchnahme eines Dienstbieters bzw. Lohnunternehmers.

4.2.1 Verschiedene Mähdrescherausrüstung und deren Preise

Als Quelle dieses Kapitels diente das DLG- Merkblatt 303 bearbeitet von M. DEMMEL.

Zur lokalen Ertragsermittlung mittels Mähdrescher sind im wesentlichen drei Komponenten notwendig:

- Ertragsmessgeräte, auch Ertragssensoren genannt
- Ortungssysteme, hier DGPS- Empfänger
- Ertragskartierungsprogramme

Zunächst sollen die Ertragsmessgeräte genauer betrachtet werden. Verschiedene Ertragsmessgeräte kommen bei der Ertragsmessung im Mähdrescher zum Einsatz. Sie werden im oberen Teil des Körnerelators angebracht und ermitteln dort kontinuierlich den Durchsatz. Grundsätzlich sind zwei verschiedene Messprinzipien unterscheidbar: Die Volumenmessung und die Masseermittlung.

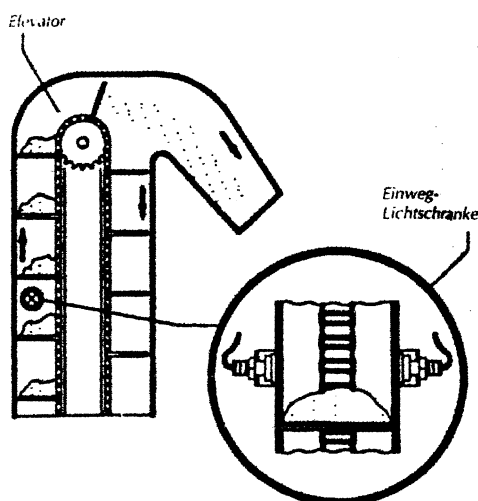
Bei der Volumenmessung wird, wie der Name schon andeutet, das Volumen des Getreidestroms ermittelt und mittels spezifischem Gewicht (Hektoliter (hl)- Gewicht) zum Massestrom umgerechnet. Durch Ermittlung der Getreidemengen auf den Elevatorpaddeln erfolgt die Erfassung des Volumens (offener Volumenstrom). Im oberen Teil der Förderstromseite des Körnerelevators befindet sich eine Lichtschranke. „Das von den Elevatorpaddeln geförderte Getreide unterbricht den Lichtstrahl. Aus der Länge der Dunkelphase und aus Kalibrierfunktionen wird die Höhe und daraus das Volumen der Getreideschüttung auf den Paddeln berechnet. Als Null- Tarawert dient die Verdunkelungsrate bei leer laufendem Elevator. Ein Neigungssensor soll den Einfluss einer ungleichförmigen Beladung der Elevatorpaddel am Hang (Quer- und z.T. auch Längsneigung) kompensieren. Mit Hilfe des hl- Gewichtes, das manuell mit Messzylinder und Waage bestimmt werden muss, leitet die Auswertelektronik den Massenstrom (t/h) ab. Wie bei allen anderen Messsystemen, wird dieser durch die Verrechnung mit der abgeernteten Fläche aus eingegebener Schnittbreite und gemessenem Fahrweg (Radsensor) in den Flächenertrag (t/ha) umgewandelt. Zusätzlich erfolgt über die abgeerntete Fläche die Ermittlung der Flächenleistung (ha/h).

Die Ertragsmesswerte werden beim Einsatz eines kontinuierlich arbeitenden Feuchtesensors auf Standardfeuchte korrigiert“ (ibid.).

Dies war im wesentlichen die Erklärung der Arbeitsweise des QUANTIMETER Ertragssystems von Claas bzw. des Ertragsmessgerätes CERES 2 der Firma RDS.

Durch die Abbildung 20 wird sie veranschaulicht.

Abbildung 20: Arbeitsweise des Quantimeters von Claas und des Ceres 2 von RDS

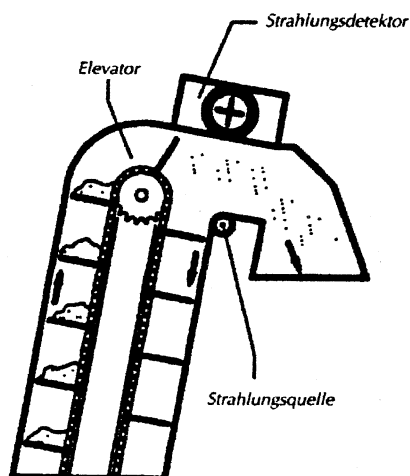


Quelle:DEMME (2001), S.1

Bei dem Messprinzip „... der Masseermittlung des Getreidestroms wird entweder auf das Prinzip der Kraft-/Impulsmessung oder auf die Absorption von Gammastrahlen durch Masse in einem radiometrischen Messsystem zurückgegriffen.

Das Ertragsmesssystem von Massey Ferguson (für die Baureihen MF32-40 und MF 7200) ist im Elevatorkopf angeordnet und arbeitet nach dem radiometrischen Prinzip“ (Abbildung 21).

Abbildung 21: Arbeitsweise des DATAVISION FLOWCONTROL/FIELDSTAR von MASSEY FERGUSON/FENDT

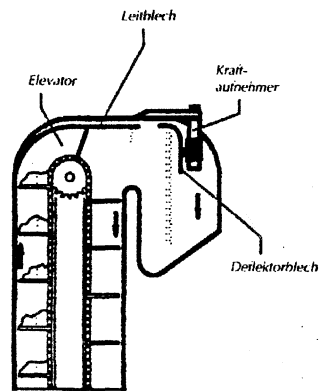


Quelle: DEMMEL (2001) S.3

Zu Erklärung der Arbeitsweise: „Das von den Elevatorpaddeln abgeworfene Getreide passiert den Bereich zwischen schwach radioaktiver Quelle“ (...) „und Strahlungssensor. Dabei wird Strahlung absorbiert. Der Grad der Absorption entspricht dem Flächengewicht des Getreides im Bereich des Messfensters. Mit Hilfe der Gutgeschwindigkeit, die von der Elevatordrehzahl abgeleitet wird, wird der Massestrom berechnet“ (ibid., S.4).

„Das Ertragmesssystem Yield monitor YM 2000 von AGLADER (USA), baugleich LH 565 von LH AGRO bzw. Sensoranordnung identisch AFS von CASE und TCS von DEUTZ FAHR, nutzt die Kraft-/Impulsmessung und wird ebenfalls im Elevatorkopf in die Abwurfbahn des Getreides eingebaut“ (Abbildung 23).

Abbildung 22: Arbeitsweise des YIELD MONITOR



Quelle: DEMMEL(2001), S. 4

Diese Messvariante arbeitet folgendermaßen: „Der Sensor besteht aus einer Prallplatte, die an eine Kraftmesszelle montiert ist. Auf die Prallplatte auftreffendes Getreide verursacht eine Kraftwirkung am Biegestab, die elektrisch mit Dehnungsmessstreifen (DMS) erfasst wird. Da dieser Impuls das Produkt aus Masse und Geschwindigkeit ist, besteht die Möglichkeit, den Massestrom zu berechnen. Die Geschwindigkeit wird von der Elevatorgeschwindigkeit abgeleitet“ (ibid., S.5).

Die Ertragsmesssysteme Greenstar von John Deere und Fieldstar N- Set von Agco/ Dronningborg nutzen ebenfalls die Kraft-/ Impulsmessung. Den Unterschied zu dem gerade beschriebenen System macht lediglich der Sensor aus: Bei Greenstar ist es ein gekrümmtes Blech und bei Fieldstar sind es zwei Prallfinger.

Soviel zu den verschiedenen Messgeräten. DEMMLER weist des weiteren darauf hin, dass der Einsatz von Ertragssystemen ohne kontinuierliche Feuchtemessung nur schwer vergleichbare Ertragsdaten liefert und somit wenig sinnvoll ist.

Eine alleinige Ertragsmessung ohne Bestimmung der gegenwärtigen Position macht wenig Sinn, da nur Aussagen über den Gesamtertrag einer Fläche möglich sind. Durch die Verbindung von Ertragsmessung, Ortung und einer Datenaufzeichnung ist eine lokale Ertragermittlung möglich. „Bis auf Ceres 2 verfügen alle Ertragssysteme über eine Schnittstelle zum Empfangen der Positionsinformationen von Satellitenortungsempfängern und können in festgelegten Intervallen (z.B. alle 1,3 oder 5 Sekunden, alle 10 Meter) die Ertrags- und Positionsdaten aufzeichnen. Um die genaue Position zu ermitteln sind DGPS- Empfänger im Einsatz (ibid.: S.12, f.)

„Alle Hersteller von Ertragsmessgeräten liefern ihre Systeme heute mit Ertragskartierungsprogrammen aus (Tabelle 12). Mit diesen PC- Programmen kann

der Landwirt einfach und schnell die Ertragsdaten einlesen und in Kartenform visualisieren. Diese Programme sind auch teilweise in der Lage, weitergehende Analysen vorzunehmen“ (ibid.: S.16)

Hersteller	Programm zur Ertragskartierung	Weitergehende Funktion
CLAAS/ AGROCOM	AGROMAP BASIC, AGROMAP PROFESSIONAL	Flächenaufmass, Bodenprobung, Aussaat, Düngung, Pflanzenschutz
CASE	AFS INSTANT YIELD MAP	-
DEUTZ FAHR	LIMID- DEUTZ- FAHR- GIS97	Flächenaufmass, Bodenbeprobung, Düngung
FENDT	FIELDSTAR YIELD MAP	-
JOHN DEERE	JD MAP, JD OFFICE	Flächenaufmass, Aussaat, Düngung, Pflanzenschutz
MASSEY FERGUSON	FIELDSTAR YIELD MAP	-
RDS, NEW HOLLAND	RDS PLOT / PLAN	Flächenaufmass, Bodenprobung, Aussaat, Düngung, Pflanzenschutz

Quelle: DEMMEL (2001): S.16

Nach diesen Ausführungen zu den Unterschieden der Produkte folgt nun auf den nächsten Seiten eine Aufstellung des Investitionsbedarfs dieser. Es erfolgt eine Einteilung in verschiedene Evolutions- bzw. Umfangsstufen:

- Ertragsmessgerät mit Feuchtemessung
- Ertragsmessgerät mit Feuchtemessung, Ortung (12 Kanal DGPS, 1 Jahr Korrekturservice) und Datenaufzeichnung
- Ertragsmessgerät mit Feuchtemessung, Ortung (12 Kanal DGPS, 1 Jahr Korrekturservice), Datenaufzeichnung und Ertragskartierung.

Tabelle 13: Investitionsbedarf für die lokale Ertragsermittlung beim Mähdrusch (Listenpreise Stand Juli 2001, Angaben ohne Gewähr)

Ertragsmesssystem, Mährescherbaureihen und Hersteller	Ertragsmessgerät mit Feuchtemessung	Ertragsmessgerät mit Feuchtemessung, Ortung (12 Kanal DGPS, 1 Jahr Korrekturservice) und Datenaufzeichnung	Ertragsmessgerät mit Feuchtemessung, Ortung (12 Kanal DGPS, 1 Jahr Korrekturservice), Datenaufzeichnung und Ertragskartierung
CERES 2 (universell) RDS	4350,- €	-	-
PRO SERIES 2000 (universell) RDS	4990,- €	4450,- €	10800,- €
QUANTIMETER an CLAAS LEXION mit CEBIS CLAAS	4040,- €	6750,- €	8230,- € (agromap basic)
QUANTIMETER + ACT an CLAAS DOMINATOR (bzw. universell) AGROCOM	7060,- €	11450,- €	12890,- € (agromap basic)
DATA VISION II am MF 32-40 und MF 7200 MASSEY FERGUSON	5580,- € (radiometrisch) 3700,- € (Kraftsensor)	8640,- € (radiometrisch) 6770,- € (Kraftsensor)	10250,- € (radiometrisch) 8340,- € (Kraftsensor)

FIELDSTAR 5200/6300/8300 FENDT	an FENDT	6570,- € (radiometrisch) 3980,- € (Kraftsensor)	9460,- € (radiometrisch) 6860,- € (Kraftsensor)	11050,- € (radiometrisch) 8460,- € (Kraftsensor)
FIELDSTAR N- SET (universell) DRONNINGBORG/ AGCO LH 556 (universell) LHAGCO LH 665 (universell) LHAGCO		- 4760,- € 7770,- €	- - -	12780,- € - -
AFS an CASE AXIALFLUSS 2300 CASE		6000,- €	10300,- €	10300,- €
AFS an CASE CF (mit Touch Screen) CASE		3700,- €	8820,- €	8820,- €
TCS (Mehrkosten zu TERIS) an 8XL, TOPLINER, 5600 DEUTZ FAHR		Serie (8XL) 4340,- € (Topliner, 5600)	4760,- € (8XL) 9100,- € (Topliner, 5600)	5680,- € (8XL) 10020,- € (Topliner, 5600)

GREENSTAR an JD 2200, JD 9000, CTS, STS JOHN DEERE	4090,- €	11660,- €	12630,- €
PLMS An HOLLAND CX NEW HOLLAND	4060,- €	11550,- €	-
Mittelwerte	4990,- €	8890,- €	10020,- €

Wie man unschwer erkennen kann, schwanken die Werte je nach ausgewählter Technik beachtlich.

Als nächstes sollen die Jahreskosten errechnet werden. Diese lassen sich vom Investitionsbedarf ableiten. Angesetzt werden die jährlichen Kosten mit 28,6 % (AfA 16,6 %, Zins 6 % und Reparatur 6 %) des Investitionsbedarfs. Nimmt man nun die Mittelwerte des Investitionsbedarfs als Ausgangswerte, betragen die jährlichen Kosten für die Ertragsmessung mit Feuchtemessung im Durchschnitt 1400,- € und für lokale Ertragsermittlung mit Ertragskartierung im Durchschnitt rund 2900,- €. Besonders bei der Ertragsermittlung mit Ertragskartierung schwanken sie enorm von 1710,- € bis 3700,- €. Bezieht man diese jährlichen Kosten auf den Einsatzumfang, so ergeben sich folgende Werte (Tabelle 14):

Tabelle 14: Kosten je ha Erntefläche für die Ertragsermittlung beim Mähdrusch, Anschaffungspreis 10020,- € bzw. 4990,- €, Kosten 28,6%

Einsatzumfang Erntefläche	Ertragsmessung mit Feuchtemessung	Lokale Ertragsermittlung mit Ertragskartierung
150 ha	9,50 €/ha	19,- €/ha (Spanne: 11-25 €/ha)
300 ha	4,70 €/ha	10,- €/ha (Spanne: 6-12 €/ha)
500 ha	2,80 €/ha	6,- €/ha (Spanne: 3-7 €/ha)

Quelle: DEMMEL(2001): S.18

4.2.2 Kosten bei Inanspruchnahme eines Dienstleisters

KOTTENRODT gibt als Kosten pro Hektar für die Dienstleistung Ertragskartierung 8 bis 13,- € an. Eine völlig andere Spanne gibt PRE AGRO im Zwischenbericht 2001 an: 0 – 1,- € (2 DM)/ha zusätzlich zu den Lohndruschkosten. Nach Meinung des Autors hängen die Kosten nicht nur vom Umfang der zu dreschenden Fläche, sondern auch vom verwendeten System des Lohndreschers ab. Da die Preise (siehe Tabelle 13) dieser Systeme extrem schwanken, ist keine genaue Aussage über die Kostenspanne bei Inanspruchnahme eines Lohnunternehmens möglich.

Der Vergleich Eigenmechanisierung – Dienstleister kann nur bei Verwendung identischer Systeme gezogen werden. Dieser ist von Fall zu Fall separat zu ermitteln.

4.3 Kosten verschiedener Applikationen

Laut einer unveröffentlichten Powerpoint- Präsentation von HOPPE, besteht neben der automatisierten auch die manuelle teilflächenspezifische Applikation. Die Verfahren unterscheiden sich in der Genauigkeit und im Aufwand und somit in den Kosten, wie Tabelle 15 zeigt:

Tabelle 15: Unterschiede der Verfahren automatisierte bzw. manuelle teilflächenspezifische Applikation		
Unterscheidungskriterien	Automatisierte teilflächenspezifische Applikation	Manuelle teilflächenspezifische Applikation
Aufwand	Bordcomputer mit DGPS und LBS, Jobrechner, 3-Zonenkarte ¹ Applikationskarten, Korrektursignal	3- Zonenkarte, GPS- Gerät mit Kartendarstellung (z.B. Garmin)
Genauigkeit	Je nach verwendetem Korrektursignal 1- 5 m	Je nach verwendetem Gerät GPS- Gerät 10- 20m;

Quelle: HOPPE und eigene Darstellung

¹ wird aus verschiedenen Karten generiert (Luftbilder, Ertragskarten, Bodenkarte, etc.)

Manuelle teilflächenspezifische Applikationen können durchaus den Einstieg in PF erleichtern. Sie stellen eine Art Mittelweg zwischen homogener und teilflächenspezifischer Bewirtschaftung dar. Es liegen jedoch dem Autor keinerlei Daten über Erfolg oder Misserfolg dieser Art der Applikationen vor. Im weiteren Verlauf dieser Arbeit soll deshalb auf dieses Verfahren nicht weiter eingegangen werden.

Die kommenden Kapitel beschäftigen sich mit dem Mehraufwand, der betrieben werden muss, um teilflächenspezifische Bewirtschaftung durchzuführen.

4.3.1 Kosten der Applikation Aussaat

Um ein teilflächenspezifische Aussaat durchführen zu können, benötigt man:

- Genaues Flächenaufmass (s. Kapitel 2.1)
- Ausgangskarten (Ertragskarten, Luft-, Satellitenaufnahmen oder Reichsbodenschätzung, s. Kapitel 2.3)
- Bodenbeprobung (Nährstoffkarten, s. Kapitel 2.3.5)
- Applikationskarten (Generierung durch eigene Software oder Dienstleister s. Kapitel 3.1)
- Bordterminal (s. Kapitel 3.2.2)
- LBS- und DGPS- Ausstattung für Traktor (s. Kapitel 3.2.2)
- und eine geeignete Sämaschine.

Grundsätzlich ist jede Sämaschine für die teilflächenspezifische Aussaat geeignet, wenn für sie gewisse Zusatzausrüstungen erhältlich sind.

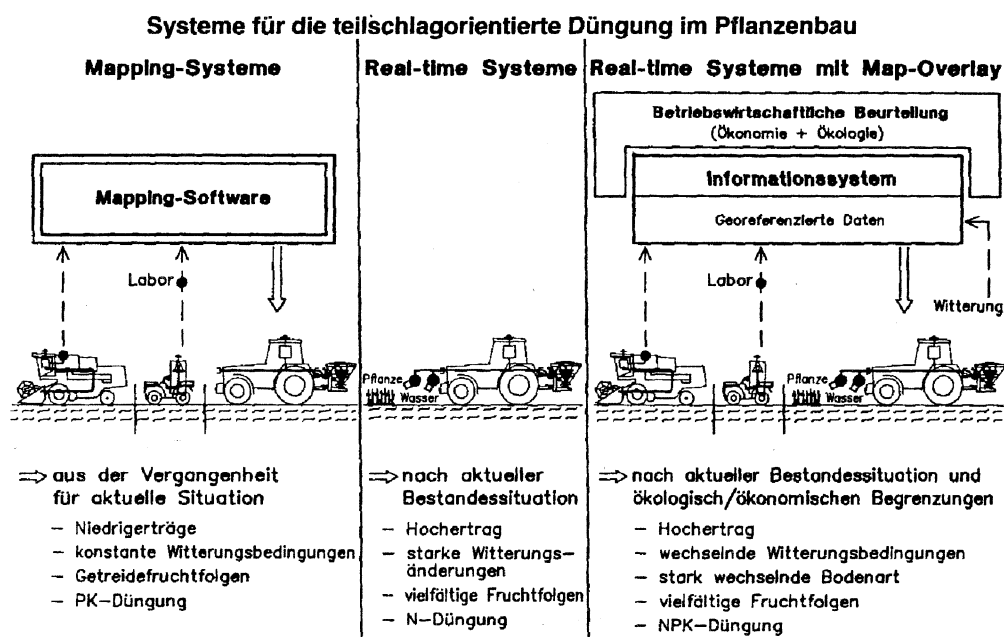
Sowohl für Drillmaschinen, als auch für Einzelkornsägeräte sind Jobrechner erforderlich. Beim Vorhandensein des Universaljobrechners UNI- Conrol S wird ein Adapter für 181,50 € (Einzelkornsägeräte) bzw. 185,- € (Drillmaschinen) benötigt. Spezielle Jobrechner stehen nicht zu Wahl. Die Ausrüstung von Drillmaschinen (z.B. von Amazone) mit der erforderlichen Saatmengenverstellung und dem Füllstandsensor ist mit rund 1000,- € möglich. Die Ausrüstung von Einzelkornsägeräten ist um einiges teurer, da man neben der optischen Überwachung der Säaggregate auch ein hydraulischen Antrieb der Säwelle benötigt. Diese Einrichtungen kosten laut Herstellerangaben ca. 10000,- €.

Für die überbetriebliche ortsspezifische Aussaat von Mais sind laut KOTTENRODT 8 bis 10,- €/ha einzuplanen.

4.3.2 Kosten der Applikation Minereraldüngung

Bei der teilschlagorientierten Düngung unterscheidet man laut AUERNHAMMER grundsätzlich drei Systeme wie Abbildung 23 darlegt.

Abbildung 23: Verschiedene Systeme der ortsspezifischen Düngung



Quelle: AUERNHAMMER(1999)

Beim Mapping- System (mapping approach system) werden die Grundinformationen bezüglich Witterung, Wasserversorgung und Nährstoffverfügbarkeit aus der Vergangenheit beschafft. Dies reicht durchaus für die Versorgung von P- und K-Dünger aus. Auch eine N- Grunddüngung ist mit diesem System möglich. Für Felder mit niedrigem Ertragsniveau reicht es generell aus.

Die anderen Systeme werden von AUERNHAMMER und SCHÖN folgendermaßen erläutert: „Beim Realtime-System (online sensor approach) wird über die Nahinfrarot-Spektroskopie bzw. die Laser-induzierte Fluoreszenz die aktuelle N-Versorgung der Pflanze erfasst (NN). Über die zusätzliche Erfassung des Wasserstresses in der Pflanze wird dann die direkte "Online-Applikation" möglich, wenn für die jeweiligen Kulturarten aussagefähige Referenzwerte für eine optimale

Versorgung über die Vegetationsperiode bekannt sind. Realtime- Systeme sind nicht in der Lage, ökonomische Bewertungen und Begrenzungen in die abzuleitende Applikation einzubeziehen. Auch können sie ökologische Begrenzungen (Maximalmengen an definierten Stellen) nicht berücksichtigen. Deshalb müssen diese Systeme für eine nachhaltige Landbewirtschaftung mit einem Map- Overlay versehen werden. Dieses kann z.B. die lokale Bodenart, P- und K-Versorgung, pH-Wert und andere Parameter in die Online-Regelung einbeziehen und damit ein Maximum an "lokaler Feinsteuerung" gewährleisten“(AUERNHAMMER et al. (1999)).

Zunächst sollen die Kosten des Mapping- System eruiert werden. Es werden benötigt:

- Genaues Flächenaufmass (s. Kapitel 2.1)
- Ausgangskarten (Ertragskarten, Luft-, Satellitenaufnahmen oder Reichsbodenschätzung, s. Kapitel 2.3)
- Bodenbeprobung (Nährstoffkarten, s. Kapitel 2.3.5)
- Applikationskarten (Generierung durch eigene Software oder Dienstanbieter s. Kapitel 3.1)
- Übermittlungsmedien (PCMCIA- Lesegerät, - Karte)
- Bordterminal (s. Kapitel 3.2.2)
- LBS- und DGPS- Ausstattung für Traktor (s. Kapitel 3.2.2)
- und ein geeigneter Düngerstreuer.

Um ortsspezifische Mineraldüngung durchführen zu können, muss der Düngerstreuer folgende Voraussetzungen erfüllen:

- Grenzstreunungen müssen durchführbar sein. Bei neueren Modellen wie der Trend- Reihe von Bogballe ist dies Serienausstattung, ansonsten nachrüstbar (Preis: 300- 640 €)
- Die Streumengen müssen dosiert werden können und sollten automatisch den unterschiedlichen Geschwindigkeiten anpasst werden. Dies ist die Aufgabe eines Rechners. (z.B. Calibrator 2003 von Bogballe für 2300,- €)
- Ein Jobrechner ist nötig, um die Verbindung zu Terminal herzustellen. Bei Bogballe ist dies durch ein zusätzliches LBS- Modul für den Calibrator gelöst (Preis: 450,- €).

Bei der Verwendung des UNI Control S werden der Schaltkasten S (mit Sensoren) und der Acuator (Stromregelventil) benötigt. Kostenpunkt dieser Anschaffung: 1278,- €.

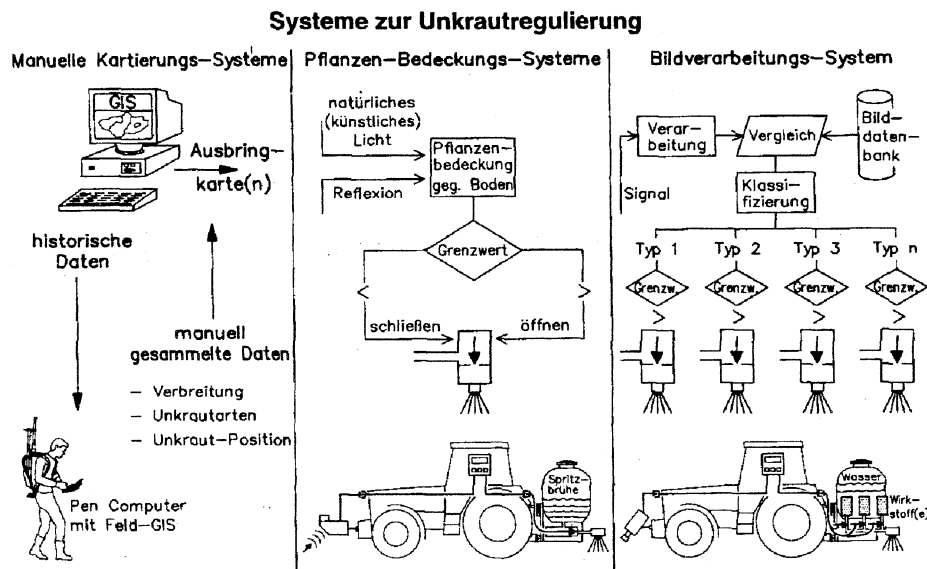
Der große Vorteil des realtime- Systems ist, dass es keine Applikationskarte braucht. Damit fallen diese Kosten weg. Es genügt der sog. N- Sensor, um die momentane Situation zu erfassen und danach zu düngen. Dieser wird von AgriCon im Paket mit Hydro Bedienterminal, Kabelbaum, PCMCIA Karte, Hydro N- Tester⁹, Montage und Montagmaterial für 19900,- € angeboten. Dieses System ist zwar einsatzfähig, hat aber noch kein Ortungssystem. Das angebotene Paket „3“ bietet zusätzlich Ag GPS 132, eine Omnistar Jahreslizenz für DGPS, ein PCMCIA Laufwerk und eine 2. PCMCIA- Karte und kostet 24900,- €. Vergleicht man dies mit den Einzelpreisen, bekommt man das PCMCIA- Laufwerk und die dazugehörige Karte gewissermaßen umsonst.

Zur teilflächenspezifischen Düngung nach dem realtime- System mit Map- Overlay benötigt man die Module beider Systeme.

⁹ Wird zur Messung des aktuellen Ernährungszustandes des Bestandes benötigt. Anhand Tabellen kann anschließend die nötige Düngeempfehlung zugeordnet werden

4.3.3 Kosten der Applikation Pflanzenschutz

Laut AUERNHAMMER kann der Elektronikeinsatz für den teilspezifischen Pflanzenbau in drei systematische Ansätze, die sich auf die Unkrautbekämpfung richten, unterteilt werden. Die Einteilung erfolgt nach Form der Bonitur und nach der Differenziertheit der Behandlung. Ebenso könnten sie jedoch auch auf den Fungizid- und Insektizideinsatz übertragen werden (Abbildung 16).



Quelle: AUERNHAMMER (1999)

AUERNHAMMER erläutert das manuelle Kartierungssystem folgendermaßen: Es,... stützt sich auf Zeitreihen, die mit tragbaren Betriebsrechnern mit GPS-Ortung und Feld- GIS ermittelt werden. Für die Bekämpfung werden Unkrautkartierungen erstellt. Sie können als manuelle Dosierhilfen bei der Spritzung verwendet werden oder GPS-gestützte Systeme arbeiten unmittelbar mit den Kartierungen. Die Bekämpfung kann mit einer vordefinierten Mixtur einheitlich auf den jeweils zu behandelnden Flächen erfolgen, oder es werden Direktinjektionssysteme eingesetzt“ (AUERNHAMMER et al (1999))

Der hohe Bonituraufwand dieses Systems kann jedoch durch eine Pflanzenbedeckungsbonitur abgelöst werden und „...lässt sich dann automatisiert direkt in lokale Behandlungsmaßnahmen umsetzen. Da eine Differenzierung nach Unkrautarten nicht erfolgt, kann nur eine einheitliche lokale Behandlung realisiert werden.

Ähnliches gilt, wenn Luft- bzw. Satellitenbilder anstelle der Online-Pflanzenbedeckung eingesetzt werden und die Bekämpfung mittels Kartierungen erfolgt (EHLERT, 1997) Online- Erkennungsdienste hingegen ermöglichen differenzierte Behandlungen“ (ibid.). Leider konnten zum Online- System keine Daten über die Preise der nötigen Sensoren gefunden werden, so dass hier lediglich die Kosten des Kartierungskonzeptes weiter erläutert werden.

Für dieses Konzept ist nötig:

- Genaues Flächenaufmass (s. Kapitel 2.1)
- Wahlweise: Tragbares DGPS (z.B. Pathfinder Pro XRS) mit Pocket- PC (s. Kapitel 3.2.1) oder
- Ausgangskarten (Luft-, Satellitenaufnahmen Kapitel 2.3) zur Kartierung von Unkrautdichte und Verteilung.
- Bodenbeprobung (Nährstoffkarten, s. Kapitel 2.3.5)
- Geeignete Software, die Unkrautzonen managen kann (SSToolbox)
- Applikationskarten (Generierung durch eigene Software oder Dienstanbieter s. Kapitel 3.1)
- Übermittlungsmedien (PCMCIA- Lesegerät, - Karte)
- Bordterminal (s. Kapitel 3.2.2)
- LBS- und DGPS- Ausstattung für Traktor (s. Kapitel 3.2.2)
- und eine geeignete Pflanzenschutzspritze.

Pflanzenschutzspritzen, die den Anforderungen des Kartierungskonzeptes genügen sollen, benötigen, neben einer elektrischen Armatur, einen Jobrechner und einen Durchflussmesser. Durchflussmesser sind teilweise serienmäßig (z.B. Rau- Telemat TX) vorhanden. Ansonsten müssen sie nachgerüstet werden (Preis: 413 – 450 €). Der spezielle Jobrechner für Spritzen SPRAYMAT (Müller- Elektronik) kostet 895,- €. Der Spraymat

- zeigt kontinuierlich die momentane Geschwindigkeit und Ausbringungsmenge (l/ha) an.

- ermittelt Fläche, Gesamtfläche, insgesamt ausgebrachte Spritzbrühe, momentan Ausbringmenge (l/min), Arbeitszeit und Flächenleistung.

Um funktionstüchtig zu sein ist jedoch die Grundausrüstung S (s. Kapitel 3.2.3) und der Adapter SPRAY (386,- €) nötig.

Bei Benutzung des UNI Control S muss bei gleichen Bedingungen nur der Adapter gekauft werden.

5. Weitere Kosten bei der Verwendung von PF- Technik

Die weiteren Kosten bei der Verwendung von PF- Technik gliedern sich in die Punkte erhöhter Zeitbedarf und Schulungskosten.

5.1 Arbeitszeitbedarf für die Informationseingabe

Umfragen des Autors bei Herstellern von Softwareprodukten (meist 1. und 2. Gruppe s. Kapitel 3.1) ergaben, dass die Firmen pro 50 ha mit einer halben Stunde Dateneingabe pro Woche rechnen. Um es deutlicher zu machen: Im Jahr werden 26 Stunden gebraucht, um die Information von 50 ha einzugeben. Es wird vorausgesetzt, dass der Datenaustausch per Chipkarte erfolgt.

5.2 Kosten für die Aus- und Weiterbildung

In Tabelle 16 werden kurz die Anbieter, das Thema, die Länge und die Kosten verschiedener Kurse angeführt:

Anbieter	Thema	Länge	Kosten in €
Agricon	Fieldrover II (Felddatenerfasser)	1/ 2 Tag	160
	+ VRT (Variable Raten Technologie)		250
	Grundlagenkurs Precision Farming	5 Tage	1000
	PF für Anwender	4 Tage	1000
	PF für Profis	3 Tage	1000
	Spezialseminare		500
	Hydro Sensor		250/Tag und Person
	SSToolbox		550/Tag und 2 Pers.
Cis GmbH	Arc- View	5 Tage	800

Quelle: eigene Darstellung

6. Vergleichsrechnungen für Modellbetrieb

Auf den nächsten Seiten sollen die Kosten dargestellt und berechnet werden, die bei teilflächenspezifischer Bewirtschaftung eines Modellbetriebes anfallen.

Kenndaten:

- 500 Hektar Ackerbau
- Bewirtschaftung: Körnerfruchtanbau, ausschließlich teilflächenspezifisch

Mechanisierung und Ausstattung des Betriebes:

- 1 Mähdrescher (ohne lokales Ertragsermittlungssystem)
- 2 Traktoren (ohne LBS- Ausrüstung, aber mit Sensoren)
- 1 Sämaschine
- 1 Düngerstreuer (mit Grenzstreuung)
- 1 Feldspritze (Rau- Telemat TX)
- Hofcomputer

Aufgrund des zu erwartenden Fortschrittes, erfolgt die Abschreibung sämtlicher technischer Produkte innerhalb von 5 Jahren. Die jährlichen Zinskosten (Kalkulationszinsfuß 6 %) errechnen sich aus der Differenz der Jahreskosten und der Abschreibung. Die Jahreskosten wurden nach der Annuitätenformel ohne Reparatur-, Arbeits- und Wartungskosten berechnet. Sie beträgt 23,7 % der Investitionssumme.

$$a = K_0 * \frac{q^N * (q - 1)}{q^N - 1}$$

mit: a = Annuität

K_0 = Investitionssumme

q = Zins in % dividiert durch 100 plus 1, hier 1,06

N = Nutzungsdauer in Jahren, hier 5

6.1 Eigenmechanisierung

In den folgenden Tabellen werden jeweils die spezifischen Kosten für bestimmte Anwendungen bzw. Ausrüstungen aufgezeigt. In der ersten Tabelle sind die Kosten für die Datensammlung und Datenverarbeitung am PC angegeben. Eine PCMCIA Karte muss nicht erworben werden, da sie bereits im Paket 1 des Hydro N- Sensors vorhanden ist. Durch die Software SSToolbox ist man in der Lage Applikationskarte zu erstellen. Die Anpruchnahme eines Dienstbieters entfällt somit. Die Schulungskosten in der Höhe von 600,- € ergeben sich aus den Durchschnittskosten der Kurse von AgriCon (Anfänger, Fortgeschrittene und Profis je 1000 €). Der höhere Bedarf an Arbeitszeit ist nur aufgrund der Datenerfassung nötig. Da Angaben zum Zeitbedarf der Applikationskartenherstellung nicht erhältlich waren, fehlen diese Kosten. Sie dürften aber deutlich höher liegen, wenn die Preise der Dienstanbieter für die Leitung betrachtet: 3- 5,- € je nach Art der einfließenden Daten (vgl. KOTTENRODT).

Tabelle 17.1 Kosten der Eigenmechanisierung im Bereich Büro

Kosten für	Investitionen	Nutzung	AfA	Verzinsung	jährliche Kosten	j. Kosten/ ha
Büro	€	Jahre	€/ Jahr	€/ Jahr	€	€/ ha
PCMCIA Laufwerk	414,-	5	82,80		98,10	0,20
Software (SSToolbox)	6100,-	5	1220,-	225,70	1445,70	2,90
Schulung (PF für Anwender, etc.)	600,-	1			600,-	1,20,-
Lohnarbeit (12,- €/h)	312,-	1			312,-	0,62
Gesamt	7426,-				2455,80	4,92

Grundsätzlich stehen Geräte oder Dienstleistungen immer nur in einer Tabelle. Werden sie von anderen benötigt, gelten sie als vorhanden.

Die kommenden Tabellen beschäftigen sich mit den Kosten der Grundausrüstung, die zum Verfahren PF notwendig ist.

Tabelle 17.2: Kosten der Eigenmechanisierung im Bereich Traktor

Kosten für	Investitionen	Nutzung	AfA	Verzinsung	jährliche Kosten	j. Kosten/ ha
Traktor	€	Jahre	€/ Jahr	€/ Jahr	€	€/ ha
Grundausstattung	462,-	5	92,4	17,10	109,50	0,22
DGPS- Gerät	3865,-	5	773,-	143,-	916,-	1,83
VRC- Dienst	614,-	1			614,-	1,23
Bordterminal (ACT II+ ACT- Tag-Software	6138,-	5	1227,60	227,10	1454,70	2,91
Gesamt	11079,-				3094,20	6,19

Tabelle 17.3: Kosten der Eigenmechanisierung im Bereich Universaljobrechner

Kosten für	Investitionen	Nutzung	AfA	Verzinsung	jährliche Kosten	j. Kosten/ ha
Universaljobrechner	€	Jahre	€/ Jahr	€/ Jahr	€	€/ ha
Universaljobrechner UNI Control S mit Chipkarte	1717,-	5	343,40	63,50	406,90	0,81

Grundausrüstung S	200,50	5	40,10	7,40	47,50	0,10
Gesamt	1917,50				454,40	0,91

Der Autor entschied sich für den Universaljobrechner, da er bei Durchführung mehrerer Anwendungen deutlich billiger ist. Die folgenden Tabellen stellen die Kosten der Verfahren, die zur Datenerhebung nötig sind, dar.

Tabelle 17.4: Kosten der Eigenmechanisierung im Bereich Flächenaufmass

Kosten für	Investitionen	Nutzung	AfA	Verzinsung	jährliche Kosten	j. Kosten/ ha
Flächenaufmass	€	Jahre	€/ Jahr	€/ Jahr	€	€/ ha
Software Agri- Line	573,-	5	114,60	21,20	135,80	0,27
Gesamt	573,-				135,80	0,27

Tabelle 17.5: Kosten der Eigenmechanisierung im Bereich Bodenbeprobung

Kosten für	Investitionen	Nutzung	AfA	Verzinsung	jährliche Kosten	j. Kosten/ ha
Beprobung	€	Jahre	€/ Jahr	€/ Jahr	€	€/ ha
Ertragskarten zur gezielten Beprobung	Liefert Mähdrescher					
BPEG 60 Hydro	4100,-	5	820,-	151,70	971,70	1,94

Software Agri- Soil	557,-	5	111,40	20,60	132,-	0,26
Gesamt	4657,-				1103,70	2,20

Als Aufzeichnungsgerät bei der Bodenbeprobung wird der ACT II 60 benutzt.

Von den Applikationen der Tabellen 17.6 und 17.7 kann nur eine realisiert werden, da bei beiden von einem Einsatzumfang von 500 ha ausgegangen wird.

Tabelle 17.6: Kosten der Eigenmechanisierung im Bereich Aussaat (Drillmaschine)

Kosten für	Investitionen	Nutzung	AfA	Verzinsung	jährliche Kosten	j. Kosten/ ha
Aussaat (Drillmaschine)	€	Jahre	€/ Jahr	€/ Jahr	€	€/ ha
Geräteausrüstung	1000,-	5	200,-	37,-	237,-	0,47
Adapter	185,50	5	37,10	6,90	44,-	0,09
Gesamt	1185,50				281,-	0,56

Tabelle 17.7: Kosten der Eigenmechanisierung im Bereich Aussaat (Einzelkornsäuger)

Kosten für	Investitionen	Nutzung	AfA	Verzinsung	jährliche Kosten	j. Kosten/ ha
Aussaat (Einzelkorns.)	€	Jahre	€/ Jahr	€/ Jahr	€	€/ ha
Geräteausrüstung	10000,-	5	2000,-	370,-	2370,-	4,74
Adapter	181,50	5	36,30	6,70	43,-	0,09
Gesamt	10181,50				2413,-	4,83

Die Tabellen 17.8 und 17.9 geben Auskunft über die zu erwartenden Mehrausgaben in den Bereichen Düngung und Pflanzenschutz

Tabelle 17.8: Kosten der Eigenmechanisierung im Bereich Düngung

Kosten für	Investitionen	Nutzung	AfA	Verzinsung	jährliche Kosten	j. Kosten/ ha
Düngung	€	Jahre	€/ Jahr	€/ Jahr	€	€/ ha
Düngerstreuerausstattung	1278,-	5	255,60	47,30	302,90	0,61
Actuator+ Schaltkasten S						
Hydro N- Sensor Paket 1	19900,-	5	3980,-	736,30	4716,30	9,43
Gesamt	21178,-				5019,20	10,04

Der Bereich Düngung stellt den kostenintensivsten Bereich des PF dar.

Tabelle 17.9: Kosten der Eigenmechanisierung im Bereich Pflanzenschutz

Kosten für	Investitionen	Nutzung	AfA	Verzinsung	jährliche Kosten	j. Kosten/ ha
Pflanzenschutz	€	Jahre	€/ Jahr	€/ Jahr	€	€/ ha
Feldspritzenausstattung	386,-	5	77,20		91,50	0,18
Adapter- SPRAY						
Luftbilder von Dienstl.	1350,-	1			1350,-	2,70
Gesamt	1736,-				1441,50	2,88

Tabelle 17.10: Kosten bei Eigenmechanisierung im Bereich Mähdrescher

Kosten für	Investitionen	Nutzung	AfA	Verzinsung	Jährliche Kosten	j. Kosten/ ha
Mähdrescher	€	Jahre	€/ Jahr	€/ Jahr	€	€/ ha
Mähdrescher- Ausstattung mit DGPS- Gerät 2 (Datavision 2), Kraftsensor	8340,-	5	1668,-	308,60	1976,60	3,96
Gesamt	8340,-				1976,60	3,96

Es wurde bewusst die Version von Massey Ferguson als Beispiel verwendet, da die mitgelieferte Software keine weitergehende Funktionen aufweist. So wird vermieden, dass zwei Softwareprogramme mit gleichen Funktionen gekauft werden.

Tabelle 17.11: Kosten der Eigenmechanisierung im Bereich 2.Traktor

Kosten für	Investitionen	Nutzung	AfA	Verzinsung	jährliche Kosten	j. Kosten/ ha
2.Traktor	€	Jahre	€/ Jahr	€/ Jahr	€	€/ ha
Grundausrüstung	462,-	5	92,4	17,10	109,50	0,22
DGPS- Gerät 2	Von Mähdrescher					
Bordterminal (ACT II+ ACT- Tag-Software	6138,-	5	1227,60	227,10	1454,70	2,91

DPGS- Antenne und Kabelbaum	573,-	5	114,60	21,2	135,80	0,27
Gesamt	7137				1699,50	3,40

Obige Tabelle gibt die Zusatzkosten an ,die notwendig sind, damit der 2.Traktor ebenfalls zur teilflächenspezifischen Bewirtschaftung geeignet ist.

Tabelle 18: Gesamtübersicht der Kosten bei Eigenmechanisierung

Bereich	Investitionen in €	Kosten/ ha und Jahr in €/ha
Büro	7426,-	4,92
Traktor	11079,-	6,19
Universaljobrechner	1917,50	0,91
Aufmass	573,-	0,27
Bodenbeprobung	4657,-	2,20
Aussaat (Einzelkornsägerät)	10181,50	4,83
Düngung	21178,-	10,04
Pflanzenschutz	1736,-	2,88
Mähdrescher	8340,-	3,96
Gesamt	67088,-	36,20

Bei der Tabelle 18 sind nur die Kosten für einen Traktor berechnet. Die Kosten für die Ausrüstung eines 2. Traktors sind in Tabelle 17.11 ersichtlich.

6.2 Angebot verschiedener Dienstleister

Um einen Vergleich zwischen Eigenmechanisierung und Inanspruchnahme eines Dienstbieters zu erhalten, erfolgt nun eine Zusammenstellung der gefundenen Dienstleistungen mit den dazugehörigen Kosten.

Tabelle: Gesamtübersicht der Kosten bei Inanspruchnahme eines Dienstbieters

Dienstleistung	Kosten (€/ha)	Bemerkung
Flächenaufmass	3- 8	Abhängig von Struktur
Bodenbeprobung	8- 15	15 Einstiche pro Probe, zuzügl. Analyse
Ertagskartierung	8- 13	Inklusive Aufbereitung
Luftbild mit Auswertung	2- 5 (2,70 €)	Inklusive Aufbereitung
Leitfähigkeitsmessung	6- 8	Liefert Informationen zu Bodenart
Erstellung Applikationskarte	3- 5	Je nach Art der einflussenden Daten
Mineraldüngung nach Applikationskarte	15- 20	Grunddüngung
Ortsspezifische Aussaat nach Applikationskarte	8- 10	Mais
N- Sensordüngung (ohne Karte)	3- 5	
Erstellung Streukarten	1,60	Erster Nährstoff, je weiteren 0,50 €/ha

Quelle: AgriCon Katalog 2002, KOTTENRODT, Pre Agro

Beispiel einer Vergleichsrechnung:

Vergleich: Ortsspezifische Aussaat nach Applikationskarte (Umfang 500 ha):

- bei Eigenmechanisierung (Traktor+Jobrechner+Aussaat): $6,19 \text{ €} + 0,19 \text{ €} + 4,83 \text{ €} = 11,21 \text{ €/ha}$
- bei Inanspruchnahme eines Dienstbieters: 8 – 10 €/ha

7. Zusammenfassung und Ausblick

Die Technik, um teilflächenspezifische Bewirtschaftung durchzuführen, ist mittlerweile vorhanden, doch nachgefragt wird sie (noch) nicht.

Einzelne Projekte, wie der Hydro N- Sensor, sind schon länger in der Praxis eingeführt und haben erste Erfolge vorzuweisen, finden jedoch nur sehr geringen Absatz. Ein Beleg dafür sind die Sonderangebote der Firma AgriCon in ihrem Katalog 2002 für fünf solcher Vorführsysteme. Ein noch viel eindeutiger Beweis ist, dass Preise der Geräte äußerst selten veröffentlicht werden. Auf Nachfrage werden dann oft Preisspannen oder ungefähre Preise genannt. Konkrete Preislisten oder Angebotskataloge, wie die von Müller- Elektronik oder AgriCon sind äußerst selten. Grund kann eigentlich nur sein, dass die Anbieter Angst haben, mit hohen Preisangaben den potentiellen Käufer zu verschrecken.

Bei den momentanen Preisen können die Anbieter auch durchaus davon ausgehen. Allein für die Ausstattung eines Traktors mit der Ausrüstung zur teilflächenspezifischen Bewirtschaftung, muss eine Investition in der Höhe von 8000,- bis 11000,- € getätigt werden.

Trotzdem besteht Hoffnung auf Besserung der Lage, wenn sich gewisse Dinge ändern. Eine Chance ergibt sich z.B. durch die immer größer werdende Ansammlung von Umweltauflagen. Eine weitergehendere Koppelung der EU- Prämien an die Einhaltung dieser Vorschriften wird zur Zeit angedacht. Denkbar ist, dass die zur Zeit geltende Höchstausbringungsmenge von N-Düngern pro Hektar und Jahr wesentlich nach unten korrigiert wird. Dadurch würde Stickstoff zum begrenzenden Parameter des Ertragspotentials des vorhandenen Bestandes werden. Der Bedarf an möglichst effektiven Systemen der Düngemittelausbringung würde sprunghaft ansteigen.

Sollten die ökologischen Anforderungen bei den Pflanzenschutzmaßnahmen soweit gesteckt werden, dass eine flächige Bekämpfung der Unkräuter und Ungräser nicht mehr erlaubt ist, gewinnen die teilspezifischen Behandlungsmethoden an Bedeutung. Ziel ist dann selektiver Pflanzenschutz auf den betroffenen Teilflächen. Allerdings ist auf diesem Gebiet noch einiges an Entwicklungsarbeit zu leisten.

Literatur- und Quellenverzeichnis

AgriCon (2001): Infomaterial. URL: <http://www.agricon.de>

AgriCon (2002): Precision Farming Catalog 2002, Jahna

Agrocom (2001): Infomaterial. URL: <http://www.agrocom.de>

Auernhammer, H., Schön H. (1999): Neue Techniken der Prozesssteuerung und

Automatisierung im Pflanzenbau und in der Tierhaltung in Agrarwirtschaft 48

(1999), Heft 3/4 S. 130-140 oder URL:

<http://www.zalf.de/fachinfo/fachdoku/i-verzeichnisse/>

[agrarwirtschaft/artikel/agrarw-48-3-99.html](http://www.zalf.de/fachinfo/fachdoku/i-verzeichnisse/agrarwirtschaft/artikel/agrarw-48-3-99.html) (Informationen wurde vom Internet genommen)

Auernhammer, H., (1997): Satelliten steuern Maschinen. In: DLZ- Agrarmagazin, Sonderheft 10, S.4-6.

Auernhammer, H., (1994): LBS- Einführung in die Praxis, Landtechnik 49, H.2, S.104- 105

Demmel, M. (2000): Satellitenortung in der Landwirtschaft - Möglichkeiten und Anforderungen, gehaltenes Referat im Rahmen des 3. Sapos- Symposiums. URL: http://www.sapos.de/pdf/3symposium/SAPOS_V05.pdf

Demmel, M. (2001): Ertragsermittlung im Mähdrescher, DLG- Merkblatt 303, Frankfurt

Dlz- Agrarmagazin (3/2000), S.58

Ehlert, D. (1997): Systemeinsatz und Bestandteile der teilflächenspezifischen Bewirtschaftung. In: Claas- Agro- Com: Neue Managementmethoden für Landwirte und Lohnunternehmer mit Hilfe von Informations- und Kommunikationstechnologien. Harsewinkel.

Gabriel, D. und Haveresch, E., 1999: Operationeller Einsatz von Fernerkundungsdaten in der teilflächenspezifischen Landwirtschaft. In: Unveröffentlichtes Manuskript.

Garmin (2002): URL: <http://www.garmin.de>

Geo Konzept (2002): URL: <http://www.geo-konzept.de>

GIBS (2002): URL: <http://gibs.leipzig.ifag.de/>

- Helm- Software (2001): Infomaterial. URL: <http://www.helm-software.de>
- Hoppe, B. (2002): Unveröffentlichter Vortrag im Rahmen des Feldtages am 27. Juni 2002
- Isagri (2001): Infomaterial. URL: <http://www.isagri.de>
- Isobus (2001): Informationsmappe und -material. URL: <http://www.isobus.net>
- Jarfe, A. (2001): Wann und wie mit Precision Farming beginnen? In
Neue Landwirtschaft, Heft 10, S.36- 40
- Jürschik, P. (1999): Teilflächenspezifische Düngung, DLG- Merkblatt 315, Frankfurt
- Kottenrodt, D. (2002): Global Positioning System (GPS). URL:
<http://www.ktbl.de/pflanze/teilflaeche/gps.htm>
- Letzner, J., Hank K., Wagner P (2001): Ökonomische Potenziale der
teilflächenspezifischen Unkrautbekämpfung in Berichte über Landwirtschaft,
Bd. 79, H. 1, 2001, S. 107-139.
- Micotron (2002): Infomaterial. URL: <http://www.micotron.de>
- Muhr, T., (1999): GPS in der Landwirtschaft, DLG- Merkblatt 316, Frankfurt
- Nietfeld (2002): Infomaterial
- Pre agro (2001): Informationsmappe und -material.
Teilbereiche: Boden, Ökonomie, Praxis, Informationsverarbeitung,
Gesamtprojekt, Fernerkundung
- Pre agro (2002): URL: <http://www.preagro.de>
- Schänzer, G (1999): Einsatz von GPS und integrierten Navigationssystemen in der
Landwirtschaft im Rahmen des VDI- Symposium „Agricultural
Engineering“, Braunschweig. URL: [www.tu-
bs.de/institute/iffil/publications/1999/VDI%20Paper.pdf](http://www.tu-bs.de/institute/iffil/publications/1999/VDI%20Paper.pdf)
- Schmidt, W. (1999): Landwirtschaftliches BUS- System (LBS), DLG- Merkblatt
317, Frankfurt
- Wagner, P. (1999): Produktionsfunktionen und Precision Farming in:
Zukunftsorientierte Betriebswirtschaft und Informationstechnologien in der
Agrarwirtschaft. Gießener Schriften zur Agrar- und Ernährungswirtschaft,
Heft 29. Frankfurt, 1999, S.39-66.
URL: <http://www.geodaten.bayern.de/schaetz5.html>

Ich versichere, dass ich die Diplomarbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Alle wörtlichen und sinngemäß aus veröffentlichten und nicht veröffentlichten Schriften und sonstigen Quellen entnommenen Stellen sind als solche kenntlich gemacht. Weiterhin erkläre ich, dass die Arbeit in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfbehörde vorgelegen hat.

Haindlingberg, den 16.07.2002

Schem Benjamin