



UNIVERSITY OF WEST-HUNGARY
Faculty of Agricultural and Food Sciences,
Mosonmagyaróvár
Institute of Agricultural, Food and
Environmental Engineering

DOCTORAL (PhD) THESIS

Summary

**Konzept zur Integration von verschiedenen
Datenquellen in einem Geographischen
Informationssystem**

STEPHAN MANIAK

Mosonmagyaróvár
2003

INHALTSVERZEICHNIS

| | |
|---|-----------|
| 1. EINLEITUNG | 1 |
| 2. MATERIAL UND METHODEN | 2 |
| 2.1. DATENAUSTAUSCH | 2 |
| 2.1.1. DEFINITION EINES DATENAUSTAUSCHFORMATES..... | 4 |
| 2.1.2. ANWENDUNG DES GIS EXCHANGE FORMAT | 7 |
| 2.2. AUFBAU EINES NEUEN GPS-SYSTEMS | 9 |
| 2.3. FELDEXPERIMENTE | 10 |
| 3. ERGEBNISSE DER FELDEXPERIMENTE | 11 |
| 3.1. EXPERIMENT 1: AUFZEICHNUNG VON CCD-BILDERN MIT ONLINE-BILDANALYSE | 11 |
| 3.2. EXPERIMENT 2: AUFZEICHNUNG VON INFRAROTBILDERN MIT ONLINE-BILDANALYSE | 14 |
| 3.3. EXPERIMENT 3: AUFZEICHNUNG VON CCD-BILDERN MIT EINER 360°-LINSE..... | 15 |
| 3.4. EXPERIMENT 4: DURCHFÜHRUNG EINER ZUGKRAFTMESSUNG ZUR BODENKARTIERUNG..... | 18 |
| 4. SCHLUßFOLGERUNGEN (THESEN)..... | 19 |
| 5. LISTE EIGENER PUBLIKATIONEN..... | 23 |

1. EINLEITUNG

Der Schwerpunkt in der Präzisionslandwirtschaft liegt bei einer ständig erweiterten Sensorik zur Messung der natürlichen Vorgänge. Durch eine technische Verarbeitung der Meßwerte und einer anschließenden Regulierung der landwirtschaftlichen Maschinen wird in das natürliche System nur minimal eingegriffen. Während verschiedener landwirtschaftlicher Arbeitsprozesse kommen unterschiedliche technische Systeme zum Einsatz, die aufgrund verschiedener Hersteller und Datenformate nicht miteinander kommunizieren können. In dieser Arbeit wird eine Lösung dieses Problems beschrieben und auch in die Praxis umgesetzt. Ein Datenaustausch ist bei einer stetig steigenden Anzahl von Systemen, die teilweise schon im Internet verfügbar sind, von essentieller Bedeutung. Nur im Zusammenspiel der unterschiedlichen Geographischen Informationssysteme (GIS) können die gewonnenen Informationen dazu beitragen, die landwirtschaftliche Produktion zu optimieren.

Die Präzisionslandwirtschaft mit ihrer systematisierten Datensammlung erhöht die Produktivität und verringert eine Schädigung der Umwelt. Die meisten GIS setzen als Datenbasis Satellitenbilder ein. Satellitenbilder sind jedoch häufig zu allgemein und von verschiedenen klimatischen Parametern abhängig, die bei einer späteren Verwendung der Satellitenbilder schwer rekonstruiert werden können. Eine aktuelle Detailansicht eines einzigen Feldes ist nicht möglich. Ein GPS-System bietet eine genauere Auskunft über den aktuellen Zustand eines Feldes.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde eine neue Sensorik zur Aufzeichnung von Videobildern und elektrischen Spannungen entwickelt, die in einem GPS-System (GPS: Global Positioning System) zusammengefaßt wur-

den. Das GPS-System ermöglicht Messungen der Pflanzendichte und der Bodenfestigkeit. Mit Hilfe eines Datenaustauschmodules können die Meßdaten in andere GIS übertragen werden.

GPS-Systeme können dazu verwendet werden, die Ernte bei Senkung von landwirtschaftlichen Ressourcen und Kosten zu maximieren. Sie tragen auch dazu bei, daß mit Dünge- und Spritzmitteln sparsamer umgegangen wird und so Umwelt und Natur geschont werden.

2. MATERIAL UND METHODEN

2.1. DATENAUSTAUSCH

Die Anzahl und Komplexität der Geographischen Informationssysteme nimmt in der Landwirtschaft stetig zu. Zehn Systeme sind vielleicht noch zu überschauen, aber 100 Systeme, die z.B. über das Internet erreicht und abgefragt werden können, bringen eher Verwirrung als Nutzen. In den meisten Anwendungsfällen wird aus jedem großen System nur ein kleiner Teil benötigt.

Leider sind nahezu alle Geographischen Informationssysteme, die in der Präzisionslandwirtschaft eingesetzt werden, untereinander nicht kompatibel. Um die Vorteile und Alleinstellungsmerkmale jedes Systems nutzen zu können, werden ein Import- und ein Exportfilter bzw. -algorithmus für jedes GIS benötigt, damit der Austausch von GIS-Daten zwischen den verschiedenen Systemen über die Systemgrenzen hinweg möglich wird. Zur Konstruktion von solchen Filtern ist die detaillierte Kenntnis der Systeme mit den jeweiligen Datenformaten und -strukturen erforderlich.

Bevor eine Konvertierung von GIS-Daten von einem System in ein anderes erfolgt, sollten die GIS-Daten in einem einheitlichen, systemunabhängigen Format, im hier definierten *GIS Exchange Format* (GISEXF) gespeichert werden. Alle Systeme sollten ihre Daten über dieses Format austauschen. Solch ein Format würde nicht nur einen möglichen Standard zum Austausch von GIS-Daten liefern, sondern würde auch eine einfache Integration von neuen Systemen bei minimalem Implementierungsaufwand erlauben.

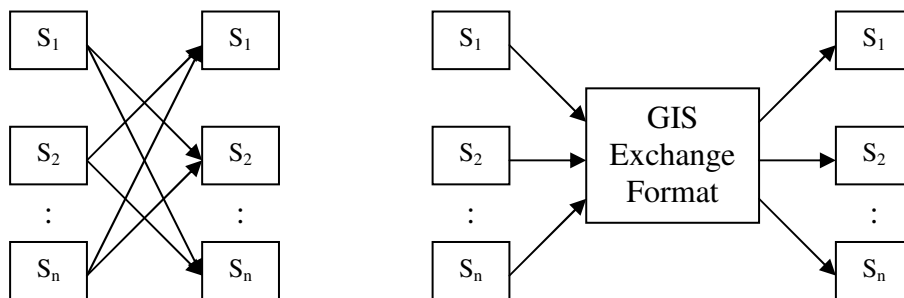


Abbildung 1: Aufwand von Import- und Exportfiltern

Ohne ein einheitliches Datenaustauschformat würde der Aufwand exp_1 für Import- und Exportfilter quadratisch zur Anzahl n der Systeme ansteigen:

$$exp_1 = n(n-1) \quad (2)$$

Mit einem einheitlichen Austauschformat wäre der Aufwand linear:

$$exp_2 = 2n \quad (3)$$

Aus den beiden obigen Formeln läßt sich errechnen, daß sich der Einsatz des GIS Exchange Format ab einer Anzahl von drei Systemen lohnt.

2.1.1. Definition eines Datenaustauschformates

Um die Ergebnisse verschiedener Systeme für den persönlichen Bedarf eines Farmers zu bekommen, müssen die Daten in ein einheitliches Datenaustauschformat überführt werden können. Nur so können die Ergebnisse im landwirtschaftlichen Zusammenhang gesehen und die Vorteile der einzelnen Systeme genutzt werden. Falls alle Systeme über ein Netz wie das Internet verbunden sind, so ist ein Datenaustauschformat, das auf der „Extensible Markup Language“ (XML) basiert, geradezu ideal. Das GIS Exchange Format basiert auf dem XML-Format.

XML ist eine einfache, sehr flexible Metasprache im Textformat, die auf der Grundlage des ISO-Standards SGML (Standard Generalized Markup Language) entwickelt wurde. Sie wurde ursprünglich entwickelt, um den Herausforderungen von elektronischen Publikationen gerecht zu werden. In der Zwischenzeit spielt XML eine immer größer werdende Rolle im Austausch unterschiedlichster, strukturierter Daten im Internet und anderen Datenverbundsystemen. Anhand der steigenden Aktivitäten und Anwendungen von XML weist der Trend in die Richtung, daß XML die geeignete Sprache für die Übermittlung strukturierter Daten sein kann. Einen wesentlichen Beitrag hierzu leistet auch die einfache Erlernbarkeit, Lesbarkeit und Plattform- und Medienunabhängigkeit von XML. Das XML-Format ist ein naher Verwandter des heute im Internet weit verbreiteten HTML-Formates (Hypertext Markup Language). Ein wesentlicher Unterschied zum HTML-Format besteht in der freien Wahl der Beschreibungs- und Inhaltsdaten. Sogenannte „Tags“ oder Bezeichner bilden Beschreibungshüllen für die Inhaltsdaten, z.B. <Company>RDS

Technology Ltd</Company>. Die Daten erhalten mit Hilfe des XML-Formates eine einfach lesbare Form sowohl für Menschen als auch für Computer, da im Gegensatz zum HTML-Format die logische Bedeutung der Daten durch die Tags bekannt ist. Ein weiterer Vorteil ist die leichte Erweiterbarkeit des Formates um neue Bezeichner. Auf diese Weise können einige größere Informationssysteme mehr Informationen als andere zur Verfügung stellen und mit gleichartigen Informationssystemen austauschen. Unbekannte Bezeichner werden bei der Verarbeitung in kleineren GIS nicht mit ausgewertet. Des Weiteren besteht eine Schnittstellenunabhängigkeit, da die Reihenfolge und Anzahl der Parameter nicht festgelegt ist. Auch von der programmiertechnischen Seite her betrachtet, eignet sich das XML-Format, da schnelle Parser (Interpreter) zum Auslesen der Informationen verfügbar sind.

Durch das XML-Format sind auch kleine Teilmengen von großen Datenmengen sehr flexibel zu extrahieren und auszuwerten. Durch die Beschreibung der Daten können Suchfilter einfach erstellt werden, die dem Nutzer die gewünschten Daten zur Verfügung stellen. Wenn jedes Informationssystem seine geographischen Daten in diesem offenen Format zur Verfügung stellt, können die Daten verschiedener Systeme zum Nutzen des Anwenders beliebig kombiniert und ausgetauscht werden.

Die grobe Struktur einer XML-basierten GIS Exchange Format-Austauschdatei ist in Abbildung 2 dargestellt. <GISEXF></GISEXF> bilden den Container für die Austauschdaten. Im Header steht die Herkunft der Daten: Company, Software, Version, Date, Time usw. Außerdem werden dort die Anzahl aller Datenreihen, die Anzahl der Datenspalten pro Datenreihe, das Trennzeichen zwischen Datenspalten innerhalb einer Datenreihe sowie die Spaltenbezeichnungen aufgelistet. Die Anzahl der Ein-

HIBA! A STÍLUS NEM LÉTEZIK.. HIBA! A STÍLUS NEM LÉTEZIK.

träge im Header läßt sich beliebig erweitern, z.B. lassen sich leicht neue Datenspalten einfügen. Im Anschluß an den Headerblock folgen die Datenreihen.

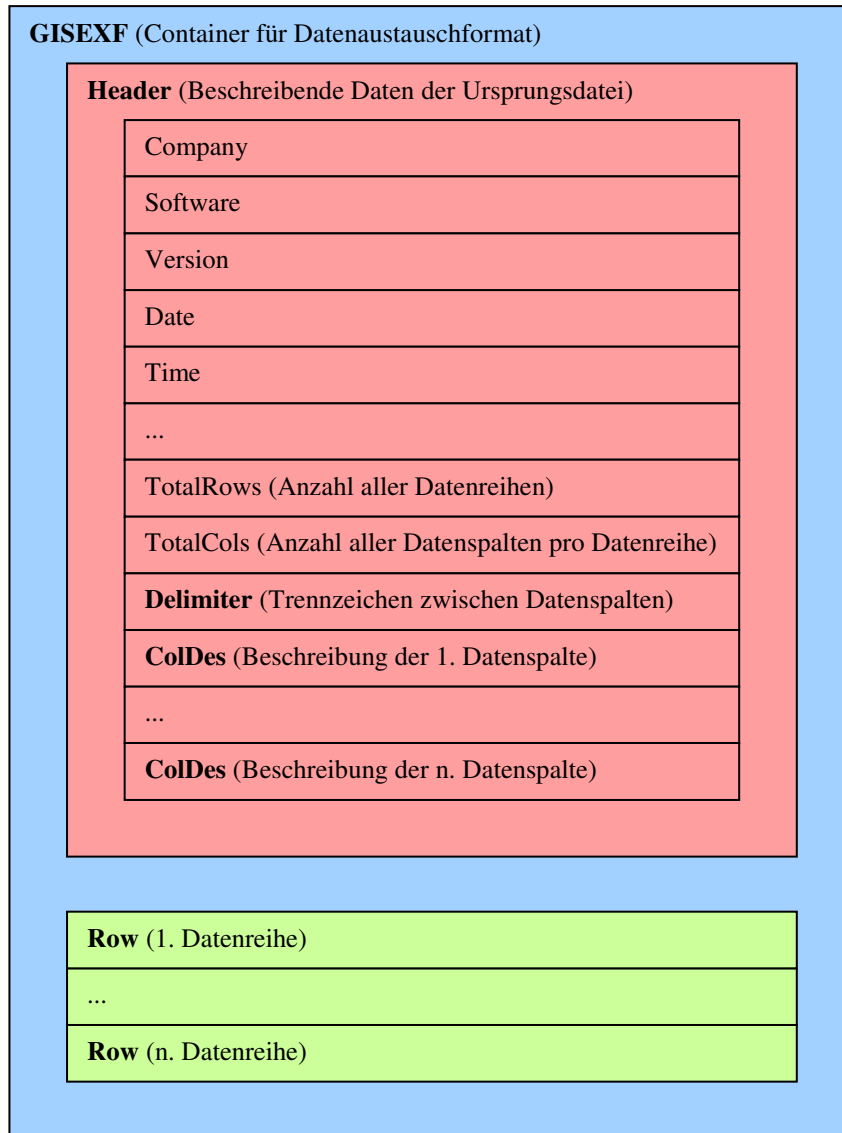


Abbildung 2: Struktur des GIS Exchange Format

2.1.2. Anwendung des GIS Exchange Format

Als Beispiel für eine Anwendung des GIS Exchange Format soll hier ein GIS-Datensatz im RDS-Format in das Agrocom-AFT-Format transformiert werden.

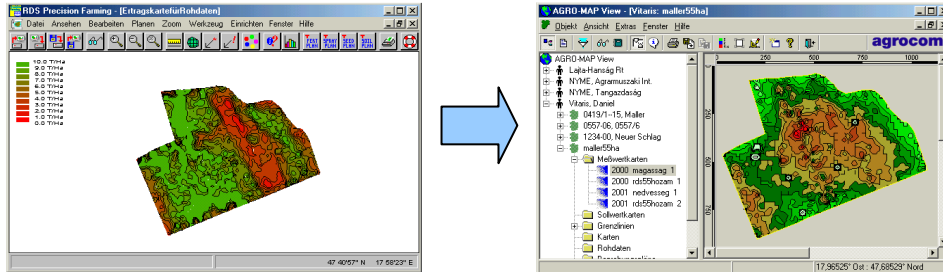


Abbildung 3: GIS-Datenaustausch zwischen dem RDS- und dem Agrocom-System

Der erste Schritt ist die Konvertierung der GIS-Daten in das formatunabhängige GIS Exchange Format.

RDS-Datensatz:

| | |
|--|---------------------------------------|
| DH000017@00001200@00002200@00003100@00004080@00005060 | |
| VH000017@ RDS Technology Ltd@ Ceres 2 Yield Meter@ NC406-543@20001009@154623 | <i>Header</i> |
| DN000017@00101073@00102073@00103073@00104073@00105073@00106073 | |
| VN000017@0001000@0001000@0009115@0000000@0000000@0012000 | |
| DN000017@00107073@00108073@00109073@00110073@00111073@00112073 | |
| VN000017@0000000@0000000@0000000@0000000@0000000@0000000 | <i>Columns description and format</i> |
| DN000017@00006042@00016062@00012052@00017065@000201096@00202106@00204051@00203010@00301020 | |
| VN000017@0460@000012@000000@000016@+47684851@+017966013@001250@4@00 | |
| VN000017@0460@000011@000000@000037@+47684836@+017965944@001250@4@00 | <i>Data rows</i> |
| : | |
| VN000017@0460@000736@04150@001795@+47684973@+017965981@001220@4@00 | |
| DN000017@00007062@00008072@00009072 | |
| VN000017@000234@0000426@0002702 | <i>Summary data</i> |
| DN000017@00011073@00012052@00015010@00014071 | |
| VN000017@0068344@02881@7@0000202 | |
| EN | <i>End of file</i> |
| 2N | |

HIBA! A STÍLUS NEM LÉTEZIK.. HIBA! A STÍLUS NEM LÉTEZIK.

GIS Exchange Format:

```
<GISEXF>
  <Header>
    <Company>RDS Technology Ltd</Company>
    <Software>Ceres 2 Yield Meter</Software>
    <Version> NC406-543</Version>
    <Date>20001009</Date>
    <Time>154623</Time>
    <TotalRows>245</TotalRows>
    <TotalCols>9</TotalColumns>
    <Delimiter>@</Delimiter>
    <ColDes>Cutter Width (M)</ColDes>
    <ColDes>Spot Yld/Area(T/Ha) Wet</ColDes>
    <ColDes>Grain Moisture (%)</ColDes>
    <ColDes>Log Yield (tonne) Wet</ColDes>
    <ColDes>Latitude (s)</ColDes>
    <ColDes>Longitude (s)</ColDes>
    <ColDes>Altitude above mean sea level (m)</ColDes>
    <ColDes>Fix Status</ColDes>
    <ColDes>User defined 'tag' status</ColDes>
  </Header>
  <Row>04.60@0000.12@000.00@0000.16@+47.684851@+017.966013@00125.0@4@00</Row>
  <Row>04.60@0000.11@000.00@0000.37@+47.684836@+017.965944@00125.0@4@00</Row>
  :
  <Row>04.60@0007.36@041.50@0017.95@+47.684973@+017.965981@00122.0@4@00</Row>
</GISEXF>
```

Header

Container

Columns description

Data rows

Im zweiten Schritt muß das GIS Exchange Format in das Zielformat umgewandelt werden.

Agrocom-Datensatz:

```
AGRO-MAP_AFT,VERSION 01.03.01, 0,,,,,,nein,,,yield,,,,,moisture,,,0, Header
N47.684851,E017.966013,00.12,154623,000,000,01,6,2,09.10.00,00.0,
N47.684836,E017.965944,00.11,154623,000,000,01,6,2,09.10.00,00.0,
:
N47.684973,E017.965981,07.36,154623,000,000,01,6,2,09.10.00,41.5, Data rows
```

Mit Hilfe eines vom Autor entwickelten Softwaremodulés kann die Transformation der GIS-Daten über das GIS Exchange Format automatisch durchgeführt werden. Es werden Quelldateien und das Zielformat mit den gewünschten Zieldatenspalten ausgewählt (Abbildung 4).

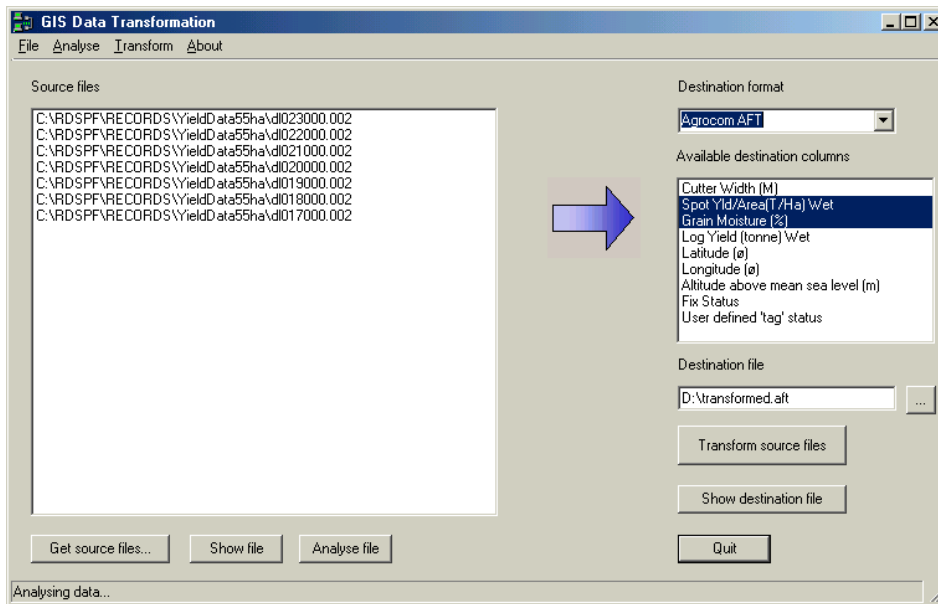


Abbildung 4: GIS-Datenaustauschmodul

2.2. AUFBAU EINES NEUEN GPS-SYSTEMS

Als Beispiel für den universellen Einsatz des Datenaustauschmodules wurde ein neues GPS-System sowohl zur Erfassung von raumbezogenen Videobildern als auch zur Aufzeichnung von elektrischen Signalen im Rahmen dieser Arbeit entwickelt.

Die gewonnenen Daten können über das vorgestellte Datenaustauschmodul in verschiedene GIS importiert werden. Das System könnte in Zukunft in der Präzisionslandschaft eingesetzt werden, um Daten über den Zustand von Agrarpflanzen zu sammeln, diese online auszuwerten und eventuell regulierend einzugreifen.

HIBA! A STÍLUS NEM LÉTEZIK.. HIBA! A STÍLUS NEM LÉTEZIK.

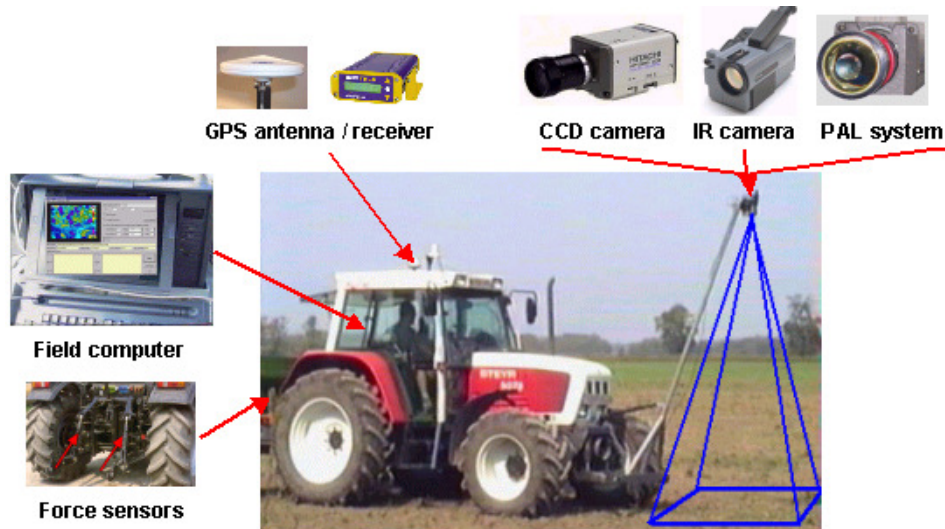


Abbildung 5: Aufbau des GPS-Systems

Für den Feldeinsatz wurde ein tragbarer NT-Computer vom Modell KP-5212T/A angeschafft, der den physikalischen Belastungen eines Feldeinsatzes standhält. Als GPS-Empfänger wurde ein DGPS MAX von CSI Wireless eingesetzt. Die Frame-Capture-Karte WinTV Go von Hauptauge diente zur Aufzeichnung von Videobildern, die Multi-IO-Karte A-822PGL zur Messung von elektrischen Signalen.

2.3. FELDEXPERIMENTE

Im Laufe verschiedener Etappen wurden im wesentlichen vier Feldexperimente auf dem zum Institute of Agricultural, Food and Environmental Engineering gehörigen Versuchsfeld in Mosonmagyaróvár bei konstanten Witterungsverhältnissen (Sonnenschein, trockenes Feld) durchgeführt:

1. Aufzeichnung von CCD-Bildern mit Online-Bildanalyse
2. Aufzeichnung von Infrarotbildern mit Online-Bildanalyse

3. Aufzeichnung von CCD-Bildern mit einer 360°-Linse
4. Durchführung einer Zugkraftmessung zur Bodenkartierung

Sowohl die Online-Bildanalysen zur Bestimmung des Pflanzenanteils als auch die Durchführung einer Zugkraftmessung können zur automatisierten, mechanischen Unkrautregulierung eingesetzt werden. Stärker bewachsene Flächen werden intensiver behandelt, indem z.B. das Ventil in einem Sprüher weiter geöffnet wird.

Die maximale Aufzeichnungsrate der Daten beträgt 1 Hz, da der GPS-Empfänger nur einmal pro Sekunde eine neue Position liefert.

3. ERGEBNISSE DER FELDEXPERIMENTE

3.1. EXPERIMENT 1: AUFZEICHNUNG VON CCD-BILDERN MIT ONLINE-BILDANALYSE

Im Feldexperiment 1 wurden mit einer CCD-Kamera und einem Feldcomputer während einer Traktorfahrt Bilder des Feldes aufgenommen. Trotz einer Geschwindigkeit des Traktors von 2m/s und Vibrationen in der Kamerahalterung waren die CCD-Bilder relativ scharf. Die Qualität der Bilder reicht aus, um die Pflanzen vom Untergrund zu separieren.

Bei einer Aufnahmefläche von 4 m² pro Bild, einer Aufzeichnungsrate von 1 Hz und einer Traktorgeschwindigkeit von 2 m/s ist es möglich, eine 2 m breite Fahrspur lückenlos aufzuzeichnen. Aber selbst eine geringere Aufzeichnungsrate erlaubt noch eine dynamische Pflanzenbehandlung, da die Hydraulik der Bodenbearbeitungsmaschine eine Trägheit aufweist. Um die Bodenbearbeitungsmaschine nicht ständig zu übersteuern, ist eine Glättung der Applikationskarte z.B. durch einen Mittelwertfilter erforderlich.

Ferner müssen bei einer exakten Bodenbearbeitung die Aufnahmezeit und die Analysezeit des Bildes sowie der räumliche Versatz von Kameraposition und Bodenbearbeitungsmaschine berücksichtigt werden.

In einem ersten Schritt mit Hinblick auf eine Applikationskarte wurde für jedes aufgenommene Bild der Pflanzenflächenanteil über ein Farbhistogramm mit Hilfe der Software Matlab berechnet (Abbildung 6).

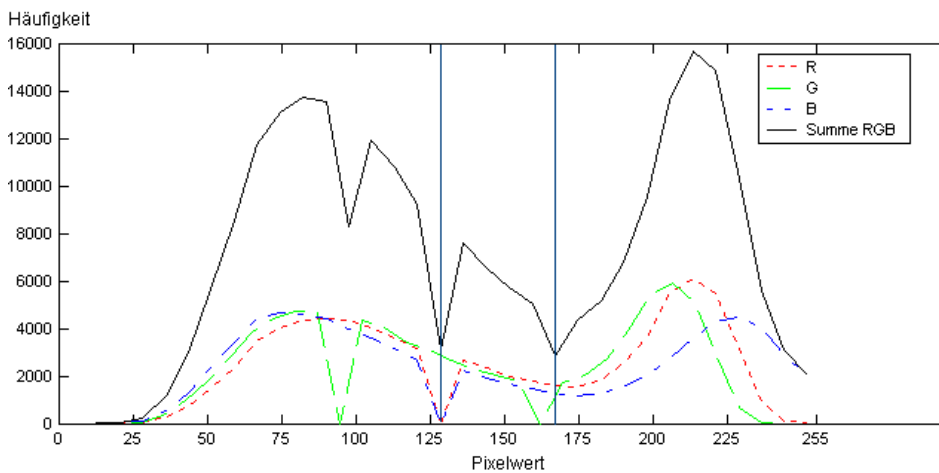


Abbildung 6: Analyse der Farbkomponenten als Histogramm

Aus dem Summenhistogramm aller Farbkomponenten (schwarze Linie) kann man entnehmen, daß bei den Werten 127 und 169 Minima existieren. Dabei haben die rote und blaue Farbkomponente ihr Minimum bei 127, die grüne hingegen bei 97 und 169. Diese Werte gelten nur für das in Abbildung 6 zu sehende Beispielbild.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde ein Optimierungsprogramm entwickelt, um ein optimaler Schwellwert zur Trennung von Pflanzen und Hintergrund zu berechnen. Er liegt bei 129 für die blaue Farbkomponente. Dabei weist der berechnete Pflanzenanteil einen mittleren Fehler von 13,10% auf.

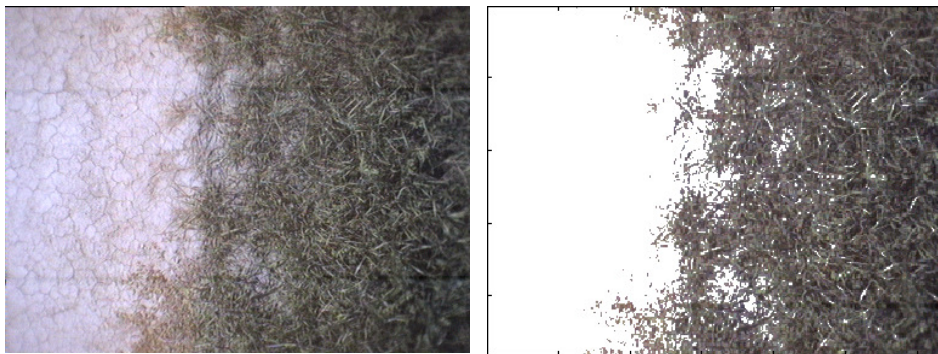


Abbildung 7: Aufnahme mit dem Feldsystem (links); Pflanzenanteil (rechts)

In Abbildung 7 ist z.B. eine Pflanzendichte von 52% ermittelt worden. Schatten von Unebenheiten im Boden und stark ausgetrocknete Pflanzen beeinträchtigen die Genauigkeit der Analyse. Mit Hilfe der „GIS Export“-Option in der Software des GPS-Video-Systems und AGRO-MAP Basic konnte eine erste Pflanzendichtekarte des Versuchsfeldes erstellt werden (Abbildung 8).

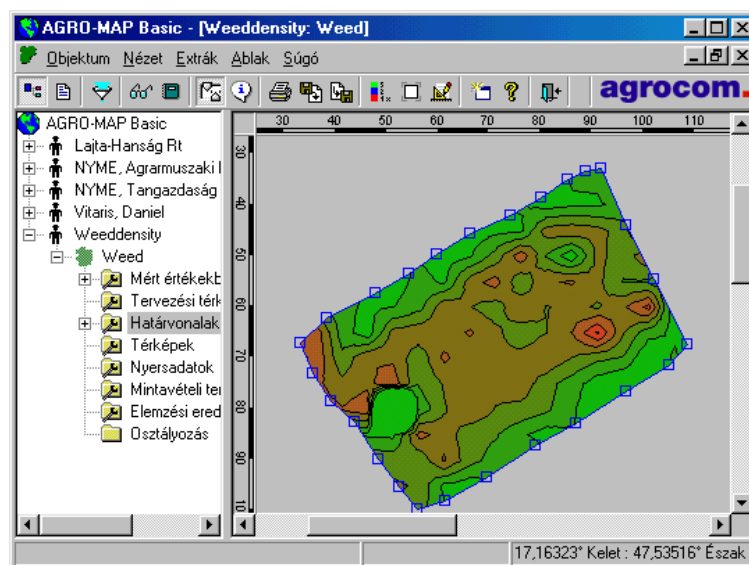


Abbildung 8: Pflanzendichtekarte

Rote und braune Flächen zeigen einen geringen Anteil von Pflanzen, während grüne Bereiche auf eine hohe Pflanzendichte hinweisen.

3.2. EXPERIMENT 2: AUFZEICHNUNG VON INFRAROTBILDERN MIT ONLINE-BILDANALYSE

Im Feldexperiment 2 wurden mit einer Infrarotbildkamera und einem Feldcomputer während einer Traktorfahrt Bilder des Feldes aufgenommen. Es konnte während der Traktorfahrt beobachtet werden, daß die IR-Kamera bei zunehmender Geschwindigkeit unschärfere Bilder als die CCD-Kamera lieferte. Dies begründet sich in einer größeren Aufnahme- bzw. Verschußzeit der IR-Kamera. Die nachfolgende Abbildung zeigt eine Infrarotaufnahme eines mit Unkräutern bewachsenen Feldes. Die Unkräuter besitzen eine deutlich geringere Temperatur als der Untergrund, so daß sie sich in blautürkisen Farben vom grüngelben Erdboden abheben.

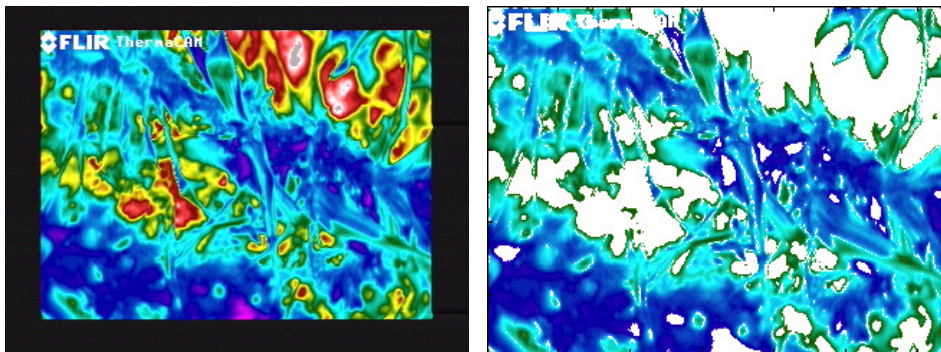


Abbildung 9: Infrarotaufnahme eines Unkrautfeldes

Auch hier ist eine Berechnung des Pflanzenflächenanteiles im Gesamtbild über ein Farbhistogramm möglich. Die IR-Kamera liefert in der Rot-Komponente des Bildes die besten Informationen über den Pflanzenanteil

des Bildes. Es hat sich herausgestellt, daß sie wesentlich besser zur Detektion von Pflanzen geeignet ist, da sie durch Schatten und ähnliche Farben von Pflanzen und Hintergrund nicht beeinflußt wird. Die Optimierung des Schwellwertes für die Trennung von Pflanzen und Hintergrund ergibt bei Infrarotbildern einen optimalen Schwellwert bei 45 für die rote Farbkomponente. Im Gegensatz zu einem mittleren Fehler von 13,10% bei den CCD-Bildern weist der berechnete Pflanzenanteil bei den IR-Bildern nur noch einen mittleren Fehler von 0,88% auf.

Die Infrarotbilder könnten jedoch noch weitere Informationen, wie z.B. den Gesundheitszustand der Pflanzen enthalten. Dies muß in weiteren Experimenten noch geklärt werden.

3.3. EXPERIMENT 3: AUFZEICHNUNG VON CCD-BILDERN MIT EINER 360°-LINSE

Im Feldexperiment 3 sollte untersucht werden, ob es möglich ist, mit wenigen 360°-Bildern eine komplette Bildkarte eines Feldes zu erhalten. Die 360°-Linse hat den Vorteil, daß eine relativ große Fläche des Feldes mit einer einzigen Aufnahme erfaßt werden kann. Durch die Höhe der Kamera wird die Größe der Fläche eingestellt. Auf der anderen Seite bewirkt die 360°-Linse eine gebogene Ansicht der Wirklichkeit, d.h. die Informationsauflösung nimmt mit größerer Entfernung vom Standort der Kamera ab. Außerdem erscheint ein kreisförmiges Bild in dem rechteckigen Aufnahme Fenster, was einen weiteren Informationsverlust aufgrund des schwarzen Randes und des schwarzen, mittleren Kreises bedeutet (Abbildung 10).

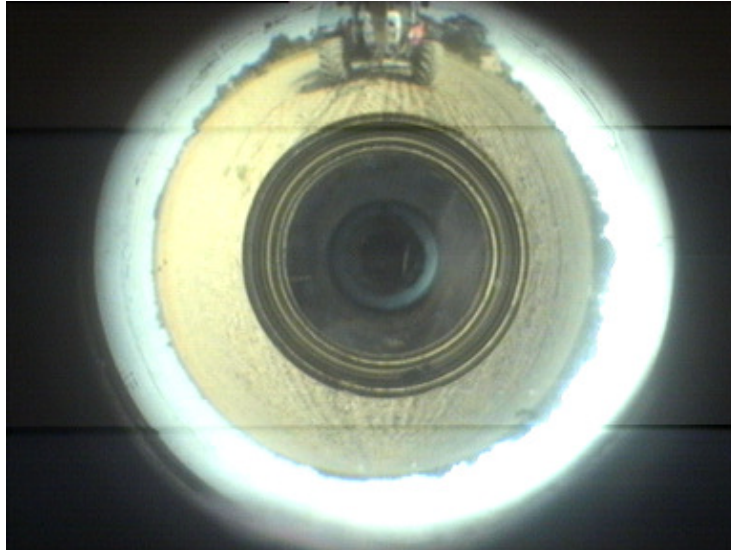


Abbildung 10: PAL-Bild des Versuchsfeldes

Bei genauerer Betrachtung des PAL-Bildes fällt auf, daß der linke Halbkreis von der Sonne erleuchtet ist, was ein genaues Erkennen der Feldstruktur bei etwa einem Drittel des Bildes unmöglich macht. Die leichte Unschärfe im Bild rührt von der nicht optimalen Anpassung des Objektivs an die CCD-Kamera.

In diesem Zusammenhang mußten folgende Fragen geklärt werden:

1. Kann aus der verzerrten PAL-Ansicht wieder eine planare Ansicht, d.h. eine Felddraufsicht gewonnen werden, so daß eine Applikationskarte für einen Sprüher errechnet werden kann?
2. Reicht die Auflösung der Kamera aus, um die PAL-Ansicht so zu speichern, daß keine relevanten Informationen fehlen?
3. Welche Position bzw. Höhe darf die Kamera maximal besitzen, damit es zu keinem relevanten Informationsverlust kommt?

Zur Beantwortung der ersten Fragestellung wurde in einem ersten Schritt die Polartransformation zur Umrechnung von PAL-Bildern als Matlab-Programm implementiert (Abbildung 11).

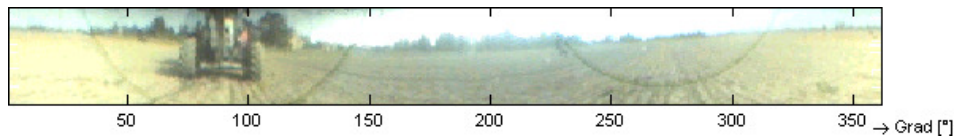


Abbildung 11: Feld in Panoramaansicht

Das Ergebnisbild der Polartransformation stellt noch keine planare Felddraufsicht dar. Das Panoramabild muß nochmals umgerechnet werden, wobei der Öffnungswinkel der Kamera, die Höhe der Kamera, die Abweichung der Kameraachse von der Lotrichtung und die Himmelsrichtung im Bild berücksichtigt werden müssen. Durch Traktorbewegungen kann sich die Abweichung zum Lot ständig ändern. Die aufgenommene GPS-Position entspricht dem Standort der Kamera. Eine Berechnung der GPS-Positionen im planaren Bild ist durch die oben genannten drei Parameter möglich.

Auf eine weitere Transformation des Panoramabildes in eine planare Ansicht wurde verzichtet, da schon das Panoramabild deutlich zeigt, daß die Bildinformationen keine genaue Feldanalyse zulassen. Neben der starken Detailabnahme mit größerer Entfernung zur Kamera macht die unvermeidbare Sonneneinstrahlung teilweise die Hälfte des Bildes unbrauchbar.

Die Berechnung einer Feldkarte mit GPS-Positionen ist sehr aufwendig und zur Zeit noch nicht in Echtzeit durchzuführen. Es wird empfohlen, daß PAL-System nur im Offline-Betrieb zur Aufnahme von Feldübersichten (z.B. 1 ha) einzusetzen. Dabei sollte die Kameraachse mit der

Lotrichtung übereinstimmen und die Himmelsrichtung im Bild durch die Verwendung eines Kompasses bekannt sein.

3.4. EXPERIMENT 4: DURCHFÜHRUNG EINER ZUGKRAFTMESSUNG ZUR BODENKARTIERUNG

Im Feldexperiment 4 wurde gezeigt, daß mit Hilfe von zwei serienmäßigen Zugkraftsensoren und einem Interpolationsverfahren eine ausreichend genaue Bodenfestigkeitsmessung durchgeführt werden kann, um z.B. eine dynamische Unkrautbehandlung durchführen zu können. Auf Grund des Einsatzes von werkseitig vorhandenen CAN-Bus-Zugkraftsensoren stellt die Zugkraftmessung eine kostengünstige Lösung dar. Zum Ausgleich von Meßfehlern durch ruckartige Maschinenbewegungen wurde jeweils über 20 Meßwerte pro Sekunde interpoliert. Während der Wendemanöver an den Felldrändern wurde die Messung unterbrochen, da durch starke Seitenkräfte große Meßfehler auftraten. Bei der Zugkraftmessung müssen die Trägheit der Hydraulik der Bodenbearbeitungsmaschine und die Analysezeit der Signale berücksichtigt werden. Eine Glättung der Ergebniskarte z.B. durch einen Mittelwertfilter ist zu empfehlen, um ruckartige Bewegungen der Hydraulik zu vermeiden.

Wie bei der Pflanzendichtekarte gilt auch für die Zugkraftkarte, daß für die Pflanzenbehandlung ein Abstand der Meßpunkte von 2 m mehr als ausreichend ist.

Über das im Feldsystem integrierte GIS Exchange Format lassen sich die Meßdaten in AGRO-MAP Basic importieren. Abbildung 12 zeigt eine Zugkraftkarte des Versuchsfeldes. Die roten Bereiche weisen eine höhere Bodenfestigkeit auf, die grünen bestehen aus lockerem Boden.

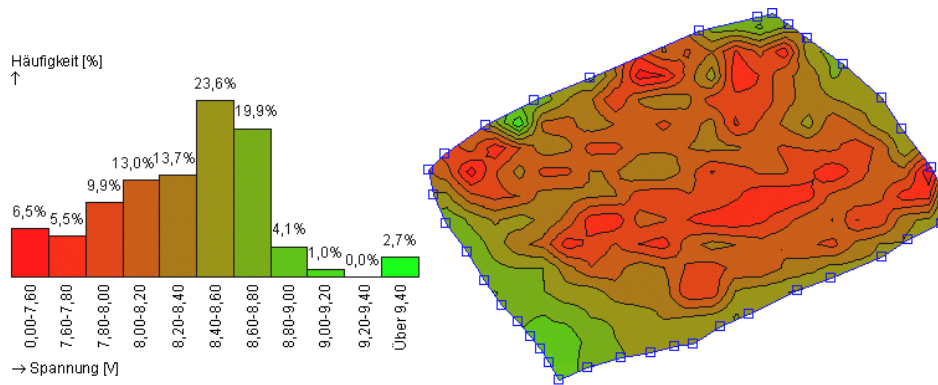


Abbildung 12: Bodenkartierung durch Zugkraftmessung

4. SCHLUBFOLGERUNGEN (THESEN)

1. Für den Transfer von GIS-Daten aus verschiedenen, beliebigen GIS-Datenquellen kann das vom Autor entwickelte, universelle Austauschformat "GIS Exchange Format" eingesetzt werden.

- Das GIS Exchange Format basiert auf XML (Extended Markup Language), einer Datenbeschreibungssprache, und ist dadurch für den Austausch von GIS-Daten über das Internet geeignet. Es ist sowohl vom Menschen als auch vom Computer einfach zu lesen und erlaubt eine Skalierung der Informationsmenge durch die Verwendung von anwenderspezifischen Filtern. Durch die Verwendung von Pflichtfeldern und der Erweiterbarkeit der Datenfelder können GIS verschiedenster Komplexität miteinander kommunizieren. Neben den eigentlichen Datenreihen gehören das Trennzeichen zur Separation der Datenspalten und die Beschreibung der Datenspalten zu den Pflichtfeldern.

- Das GIS Exchange Format wurde im praktischen Einsatz anhand der zwei gängigen GIS - Agrocom und RDS - getestet. Zusätzlich konnten verschiedene Daten aus einem vom Autor entwickelten GIS in andere Systeme transferiert werden.
2. *Mit Hilfe eines Softwaremodules kann die Transformation der GIS-Daten über das GIS Exchange Format automatisch durchgeführt werden.*
- Es werden zur Zeit folgende GIS-Formate von der automatischen GIS-Transformationssoftware unterstützt: RDS-Format, Agrocom-AFT-Format, Agrocom-MWK-Format, GIS Exchange Format, Datentabelle, Dateilisten mit GPS-Position und weiteren Parametern (Format des neu entwickelten GIS)
3. *Um Standbilder einer beliebigen Videoquelle bzw. elektrische Meßwerte mit der aktuellen GPS-Position zu verknüpfen, kann das vom Autor entwickelte Geographische Informationssystem verwendet werden.*
- Das GPS-System erlaubt eine maximale Datenaufzeichnungsfrequenz von 1 Hz, was durch die Aktualisierung der GPS-Position nur im Sekundentakt begründet ist.
 - Eine Online-Bildanalyse ermöglicht die Berechnung der Pflanzendichte in den aufgenommenen Bildern.
 - Mit Hilfe eines vom Autor entwickelten Optimierungsprogrammes kann der optimale Schwellwert zur Unterscheidung von Untergrund und Pflanze bestimmt werden.
 - Über eine Mult-IO-Karte können elektrische Spannungen, z.B. von zwei Zugkraftsensoren, aufgezeichnet werden.

- Die aufgezeichneten Daten können über ein integriertes Datenaustauschmodul in andere GIS exportiert werden.
4. *Das vorgestellte GPS-System kann als Plattform zur Aufzeichnung von beliebigen Signalen dienen, die mittels des GIS Exchange Format in andere GIS übertragen werden können.*
5. *Die aufgenommenen Bilder einer herkömmlichen CCD-Kamera reichen aus, um eine Online-Pflanzendichtebestimmung mit einem mittleren Fehler von 13,10% beim berechneten Pflanzenanteil durchzuführen.*
- Der optimale Schwellwert zur Trennung von Pflanzen- und Untergrundflächen liegt bei 129 für die blaue Farbkomponente.
 - Schatten von Unebenheiten im Boden und stark ausgetrocknete Pflanzen beeinträchtigen die Genauigkeit der Analyse.
6. *Im Vergleich zu einer CCD-Kamera verringert sich bei Einsatz einer Infrarotkamera zur Online-Pflanzendichtebestimmung der mittlere Fehler beim berechneten Pflanzenanteil auf 0,88%.*
- Der optimale Schwellwert zur Trennung von Pflanzen- und Untergrundflächen liegt bei 45 für die rote Farbkomponente.
 - Die IR-Kamera ist zur Detektion von Pflanzen besser geeignet, da sie durch Schatten und ähnliche Farben von Pflanzen und Hintergrund nicht beeinflusst wird.
 - Im Gegensatz zur CCD-Kamera werden die aufgenommenen Bilder bei einer höheren Geschwindigkeit des Traktors etwas unschärfer, was in einer größeren Aufnahmezeit bzw. Verschlusszeit der Infrarotkamera begründet liegt.

- Die Infrarotbilder können im Gegensatz zu CCD-Bildern zusätzliche Informationen wie z.B. den Gesundheitszustand der Pflanzen liefern.
7. *Mit Hilfe eines vom Autor entwickelten Softwaremodules lassen sich PAL-Bilder in Panoramabilder umrechnen. Vor der Umrechnung erfolgt eine automatische Bestimmung des optischen Mittelpunktes im PAL-Bild.*
8. *Durch den Einsatz eines PAL-Systems ist es möglich, eine große Fläche des Feldes mit einer einzigen Aufnahme zu erfassen. In der Praxis lohnt sich der Einsatz eines PAL-Systems zur Zeit noch nicht, da noch folgende Probleme zu lösen sind:*
- Durch ein kreisförmiges Bild in einem rechteckigen Aufnahme-fenster und einen schwarzen Kreis in der Bildmitte ist die Informationsmenge im Aufnahme-fenster stark reduziert.
 - Aufgrund der geometrischen Beschaffenheit des optischen Systems nimmt die Informationsauflösung in dem verbleibenden ringförmigen Bildanteil mit größerer Entfernung vom Standort der Kamera ab.
 - Durch die Sonneneinstrahlung wird bei einigen Aufnahmen etwa ein Drittel des ringförmigen Bildes unbrauchbar.
 - Das Panoramabild muß in eine Felddraufsicht umgerechnet werden, wobei der Öffnungswinkel der Kamera, die Höhe der Kamera, die Abweichung der Kameraachse vom vertikalen Lot und die Himmelsrichtung im Bild berücksichtigt werden müssen. Durch Traktorbewegungen kann sich die Abweichung vom Lot ständig ändern.

- Es müssen die GPS-Positionen im planaren Bild anhand der oben genannten Parameter bestimmt werden.
9. *Eine Zugkraftmessung zur Bodenkartierung kann durch werkseitig eingebaute Zugkraftsensoren durchgeführt werden.*
- Zum Ausgleich von Meßfehlern durch ruckartige Maschinenbewegungen wurden jeweils über 20 Meßwerte pro Sekunde interpoliert. Eine weitere Glättung zur Generierung einer Applikationskarte wird empfohlen, um die Trägheit der Hydraulik der Bodenbearbeitungsmaschine zu berücksichtigen.
 - Während der Wendemanöver an den Feldrändern wurde die Messung unterbrochen, da durch starke Verdichtungen große Meßfehler auftraten.

5. LISTE EIGENER PUBLIKATIONEN

Digitale Quadraturdemodulation (in Deutsch), Studienarbeit, Technische Universität Braunschweig, Institut für Nachrichtentechnik, 1997, Manuskript, 220 Seiten

Erkennung von Nummernschildern aus Videosequenzen (in Deutsch), Diplomarbeit, Technische Universität Braunschweig, Institut für Nachrichtentechnik, 1997, Manuskript, 366 Seiten

Entwicklung eines Endgerätes für ein Full Service Network (in Deutsch), ITG-Fachbericht, Dortmund, 1999, Seite 177-183

Abschlußbericht über die Arbeiten an dem vom MWK-Niedersachsen geförderten Forschungsvorhaben „Full Service Networks als Plattform für multimediale Applikationen“ (in Deutsch), TU Braunschweig, Inst. für Nachrichtentechnik, 2000 (Co-Autor), Manuskript, 101 S.

Concept for the Integration of different Data Bases in Geographic Information Systems (GIS) used in Precision Farming, Pollution and Water Resources Columbia University Seminar Proceedings, Vol. XXXI, in cooperation with the Regional Research Center of the Hungarian Academy of Sciences, New York, 2001, Seite 493-503

Information Technology and GIS Data Basis Transfer in Precision Farming, International Conference on Agriculture Engineering, 30.06.-04.07.2002, Budapest, „AgEng Full papers, posters and abstracts” CD, (02-PA-013), 8 Seiten

GIS Data Basis Transfer in Precision Farming, XXIX. Óvári Tudományos Napok, Mosonmagyaróvár, Oct. 2002, Full Paper CD, 5 S.

Coordinate systems used in Agricultural Computer Systems, Pollution and Water Resources Columbia University Seminar Proceedings, Vol. XXXIII/XXXIV, in cooperation with the Dept. of Earth Sciences and Dept. of Agricultural Sciences of the Hungarian Academy of Sciences, New York, 2002/2003, Seite 45-52

Interpolation methods in Geographic Information Systems (GIS) for Precision Farming, Pollution and Water Resources Columbia University Seminar Proceedings, Vol. XXXIII/XXXIV, in cooperation with the Dept. of Earth Sciences and Dept. of Agricultural Sciences of the Hungarian Academy of Sciences, New York, 2002/2003, Seite 182-192

Weed monitoring by infrared camera and Panoramic Annular Lens, 4. European Conference on Precision Agriculture (ECPA), 15.06.-19.06.2003, Berlin, 2003 (Co-Autor), Full Poster Paper, Seite 493-393

Machine vision for on-line weed identification, Computers and Electronics in Agriculture, 2003, 12 Seiten, im Druck