

UNIVERSITY OF WEST-HUNGARY
Faculty of Agricultural and Food Sciences, Mosonmagyaróvár
INSTITUTE OF AGRICULTURAL, FOOD AND
ENVIRONMENTAL ENGINEERING

Name of PhD School:
Plant Production using Precision Agricultural Methods Doctoral
School

Sub-programm:
Technical Environmental of the Site Specific Precision Plant Production

Supervisor:
Prof. Dr.-Ing. Miklós Neményi DSc.

DOCTORAL (PhD) THESIS
(Doktor der Ingenieurwissenschaften)

Konzept zur Integration von verschiedenen Datenquellen
in einem Geographischen Informationssystem
(Concept for the Integration of Different Data Bases in one Geographic
Information System used in Precision Farming)

by
STEPHAN MANIAK

Mosonmagyaróvár
2003

**KONZEPT ZUR INTEGRATION VON VERSCHIEDENEN
DATENQUELLEN IN EINEM GEOGRAPHISCHEN
INFORMATIONSSYSTEM**

Dissertation for doctoral (PhD) title
at the University of West-Hungary, Plant Production using Precision
Agricultural Methods Doctoral School,
Subprogram: Technical Environmental of the Site Specific Precision
Plant Production

Written by:
Stephan Maniak

The candidate scored % at the examination for doctoral degree,

Sopron/Mosonmagyaróvár
President of Doctorate Committee

The dissertation is proposed to be accepted by (yes /no)

First reviewer (Dr.) yes /no
(signature)

Second reviewer (Dr.) yes /no
(signature)

(Third reviewer if any (Dr.) yes /no
(signature)

The candidate scored % at the public doctoral debate
Sopron/Mosonmagyaróvár,
President of Review Committee

Classification of the doctoral (PhD) certificate.....
President of the EDT

INHALTSVERZEICHNIS

1. EINLEITUNG	1
1.1. PROBLEMSTELLUNG UND ZIELSETZUNG.....	4
2. ÜBERBLICK ÜBER DIE RELEVANTE FACHLITERATUR.....	6
2.1. EINFÜHRUNG IN DIE PRÄZISIONSLANDWIRTSCHAFT	6
2.1.1. ZIELE DER PRÄZISIONSLANDWIRTSCHAFT.....	7
2.1.2. SCHLÜSSEL ZUM ERFOLG	8
2.1.2.1. INFORMATIONEN.....	8
2.1.2.1.1. FELDEIGENSCHAFTEN	8
2.1.2.1.2. PFLANZENPRODUKTION	9
2.1.2.1.3. KREISLAUF IN DER PRÄZISIONSLANDWIRT- SCHAFT	10
2.1.2.2. TECHNOLOGIEN.....	12
2.1.2.2.1. GLOBAL POSITIONING SYSTEM	12
2.1.2.2.2. GEOGRAPHISCHE INFORMATIONSSYSTEME.....	16
2.1.2.2.3. GRUNDLEGENDE VERFAHREN IN DER PRÄZI- SIONSLANDWIRTSCHAFT	18
2.1.2.3. MANAGEMENT	20
2.1.3. PROBLEME BEI DER KOMBINATION VERSCHIEDENER GIS-PRODUKTE	20
2.2. KOORDINATENSYSTEME	21
2.2.1. SYSTEM MIT LÄNGEN-, BREITENGRADE UND HÖHE	22
2.2.2. UTM-KOORDINATEN	24
2.2.3. KOORDINATENTRANSFORMATION	27
2.3. DATENFORMATE	31

2.3.1. RASTERFORMAT UND VEKTORFORMAT	31
2.3.2. FORMATE VERSCHIEDENER GIS-PRODUKTE	34
2.3.2.1. „RDS PRECISION FARMING“-FORMAT	34
2.3.2.1.1. DATEITYPEN	34
2.3.2.1.2. DATEISTRUKTUR.....	36
2.3.2.1.3. AUSWERTUNG EINER RDS-DATEI	38
2.3.2.2. „AGRO-MAP BASIC“-FORMAT.....	41
2.3.2.2.1. DATEITYPEN.....	41
2.3.2.2.2. DATEISTRUKTUR.....	44
2.3.2.2.3. AUSWERTUNG EINER AFT-DATEI	44
2.3.2.2.4. AUSWERTUNG EINER MWK-DATEI.....	48
2.4. INTERPOLATION VON DATEN	51
2.4.1. INTERPOLATIONSPARAMETER	55
2.4.1.1. RASTERGRÖßE.....	55
2.4.1.2. SUCHREGELN.....	56
2.4.2. INTERPOLATIONSKATEGORIEN.....	58
2.4.3. VORSTELLUNG UND BEWERTUNG VERSCHIEDENER IN- TERPOLATIONSVERFAHREN.....	59
3. MATERIAL UND METHODEN	66
3.1. DATENAUSTAUSCH	66
3.1.1. DEFINITION EINES DATENAUSTAUSCHFORMATES.....	68
3.1.2. ANWENDUNG DES GIS EXCHANGE FORMAT	73
3.1.3. VERWENDUNG VON GIS-OPERATOREN	76
3.2. IMPLEMENTIERUNG EINES GIS-DATENAUSTAUSCHMODU- LES	78
3.2.1. DESIGN FÜR KLASSEN DES AUSTAUSCHMODULES	78
3.2.2. BENUTZEROBERFLÄCHEN DES GIS-DATENAUS- TAUSCHMODULES	83
3.2.3. BEISPIEL FÜR DEN GIS-DATENAUSTAUSCH	85

3.3. AUFBAU EINES SYSTEMS ZUR VERKNÜPFUNG VON GPS-DATEN MIT VIDEOBILDERN UND ANDEREN ELEKTRISCHEN SIGNALEN.....	102
3.3.1. KONZEPTE ZUR REALISIERUNG EINES BILDAUFNAHMESYSTEMS.....	103
3.3.2. AUFBAU DES LABORSYSTEMS.....	106
3.3.2.1. NMEA-PROTOKOLL 0183	111
3.3.3. SOFTWARESTRUKTUR.....	116
3.3.4. BENUTZEROBERFLÄCHE	121
3.4. FELDEXPERIMENTE.....	131
3.4.1. EXPERIMENT 1: AUFZEICHNUNG VON CCD-BILDERN MIT ONLINE-BILDANALYSE.....	133
3.4.2. EXPERIMENT 2: AUFZEICHNUNG VON INFRAROTBILDERN MIT ONLINE-BILDANALYSE.....	135
3.4.2.1. OPTIMIERUNG DER PARAMETER FÜR DIE ONLINE-BILDANALYSE.....	136
3.4.3. EXPERIMENT 3: AUFZEICHNUNG VON CCD-BILDERN MIT EINER 360°-LINSE.....	140
3.4.4. EXPERIMENT 4: DURCHFÜHRUNG EINER ZUGKRAFTMESSUNG ZUR BODENKARTIERUNG	146
4. ERGEBNISSE DER FELDEXPERIMENTE	148
4.1. EXPERIMENT 1: AUFZEICHNUNG VON CCD-BILDERN MIT ONLINE-BILDANALYSE	148
4.2. EXPERIMENT 2: AUFZEICHNUNG VON INFRAROTBILDERN MIT ONLINE-BILDANALYSE.....	152
4.3. EXPERIMENT 3: AUFZEICHNUNG VON CCD-BILDERN MIT EINER 360°-LINSE.....	153
4.4. EXPERIMENT 4: DURCHFÜHRUNG EINER ZUGKRAFTMESSUNG ZUR BODENKARTIERUNG	157

5. SCHLUßFOLGERUNGEN (THESEN)	159
6. VORSCHLÄGE FÜR WEITERFÜHRENDE FORSCHUNG ..	164
6.1. NEUE KONZEPTE FÜR BILDAUFNAHMESYSTEME	164
6.1.1. INTEGRATION WEITERER KAMERAS.....	164
6.1.2. EINSATZ VON HUBSCHRAUBER, FLUGZEUG ODER BALLON	165
6.2. VERBESSERTER EINSATZ DER CCD-KAMERA ZUR ERSTEL- LUNG EINER PFLANZENDICHTEKARTE.....	168
6.3. AUFBAU EINES SYSTEMS ZUR DYNAMISCHEN PFLANZEN- BEHANDLUNG ANHAND VON INFRAROTBILDERN	168
6.4. KOSTENGÜNSTIGE, DYNAMISCHE BODENBEARBEITUNG MIT ZUGKRAFTSENSOREN.....	170
7. ZUSAMMENFASSUNG	171
8. SUMMARY	174
9. DANKSAGUNG.....	176
10. LITERATURVERZEICHNIS.....	178
11. LISTE EIGENER PUBLIKATIONEN	192
12. ANHANG.....	195
12.1. RDS-DATENLEXIKON	195
12.2. ANHANG ZUM SOFTWAREMODUL GISEXF.....	201
12.2.1. KLASSE GISEXF (J++-PROJEKT GISEXF)	201
12.2.2. KLASSE INOUTFORM.....	203
12.3. ANHANG ZUM LABORSYSTEM	203
12.4. ANHANG ZUR SOFTWARESTRUKTUR IM LABORSYSTEM..	205
12.4.1. KLASSE VIDEOCAPTUREFORM (J++-PROJEKT VIDEOCAPTURE)	205
12.4.2. KLASSE VIDEOCAPCTL (C++-PROJEKT VIDEOCAP)	212

12.4.3. KLASSE IOFORM2 (VISUAL BASIC-PROJEKT A822CONTROL2)	213
12.5. ANHANG ZUM FELDSYSTEM.....	215

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Kreislauf in der Präzisionslandwirtschaft.....	11
Abbildung 2: Realtime DGPS.....	16
Abbildung 3: Grundlegende Verfahren in der Präzisionslandwirtschaft	18
Abbildung 4: Längen- und Breitengrade	22
Abbildung 5: Universal Transverse Mercator.....	25
Abbildung 6: Erdellipsoid.....	28
Abbildung 7: Ablaufschema einer Koordinatentransformation.....	29
Abbildung 8: Raster- und Vektorformat	31
Abbildung 9: Transformation des Vektorformates in ein Rasterformat .	33
Abbildung 10: Struktur der Agrocom-Software	43
Abbildung 11: Konturkarte	52
Abbildung 12: Zwei Möglichkeiten der Interpolation mit dem gleichen Rohdatensatz als Basis	54
Abbildung 13: Festlegen von Interpolationsparametern zur Er- zeugung einer Rasterdatei.....	55
Abbildung 14: Quadrantsuche – Einbeziehung der dem Mittelpunkt am nächsten gelegenen Rohdatenpunkte in den Interpolations- prozeß	58
Abbildung 15: Inverse Distanz – Einfluß der Rohdatenpunkte	61
Abbildung 16: Inverse Distanz – „bull’s eye“-Muster	62
Abbildung 17: Kriging – Variogramm-Modell.....	64
Abbildung 18: Aufwand von Import- und Exportfiltern.....	67
Abbildung 19: Quadratischer und linearer Aufwand.....	68

Abbildung 20: Struktur des GIS Exchange Format	71
Abbildung 21: GIS-Datenaustausch zwischen dem RDS- und dem Agrocom-System	73
Abbildung 22: Konvertierung und Optimierung von GIS-Datenquellen	77
Abbildung 23: Übersicht über das GIS-Datenaustauschmodul.....	78
Abbildung 24: Analyse und Transformation von GIS-Daten	80
Abbildung 25: Benutzeroberfläche des GIS-Datenaustauschmodules....	83
Abbildung 26: Menüs der INOUTForm.....	84
Abbildung 27: AboutBox	85
Abbildung 28: Dateidialog im RDS-System.....	86
Abbildung 29: Darstellung der RDS-Rohdaten	87
Abbildung 30: Auswahl der Rohdatendarstellung	88
Abbildung 31: Art der Ernte festlegen	88
Abbildung 32: RDS-Meßwertkarte	89
Abbildung 33: Dateidialog des GIS-Datenaustauschmodules	90
Abbildung 34: Ursprungsdateien im GIS-Datenaustauschmodul	90
Abbildung 35: RDS-Ausgangsdatei	91
Abbildung 36: Analyse einer RDS-Datei.....	92
Abbildung 37: Auswahl des Zielformates und der zu transformieren- den Datenspalten.....	93
Abbildung 38: Transformierte AFT-Datei	94
Abbildung 39: Objekt in AGRO-MAP Basic importieren.....	95
Abbildung 40: Dateidialog in AGRO-MAP Basic.....	96
Abbildung 41: Rohdatenimport in AGRO-MAP Basic	96
Abbildung 42: Experte zum Erstellen von Meßwertkarten.....	97
Abbildung 43: Meßwertkarte der transformierten RDS-Dateien in AGRO-MAP Basic	98

Abbildung 44: Transformation in das GIS Exchange Format	99
Abbildung 45: Transformation in das Tabellenformat	100
Abbildung 46: Transformation in das Agrocom-MWK-Format.....	101
Abbildung 47: Datenquellen im System	102
Abbildung 48: Variante 1 zum Aufbau eines GPS-IR-Systems	103
Abbildung 49: Variante 2 zum Aufbau eines GPS-IR-Systems	105
Abbildung 50: Aufbau des Laborsystems.....	107
Abbildung 51: ACT-Programm „DGPS.EXE“	110
Abbildung 52: Softwarestruktur.....	116
Abbildung 53: VideoCaptureForm	121
Abbildung 54: Dateiliste der Bilder für den GIS Export	124
Abbildung 55: GIS-Applikation für den Datenexport	125
Abbildung 56: Transformierte Dateiliste	126
Abbildung 57: Lage der Bildmeßpunkte in AGRO-MAP Basic	127
Abbildung 58: Menüs von VideoCaptureForm	127
Abbildung 59: SettingForm	128
Abbildung 60: ImageSettingForm zur Einstellung der Kamera- und Bildverarbeitungsparameter.....	129
Abbildung 61: AboutForm.....	130
Abbildung 62: Aufbau des Feldsystems	131
Abbildung 63: Montage der Kamera	133
Abbildung 64: Infrarotbild eines Feldes	135
Abbildung 65: Optimierungsprogramm für die Bildanalyse	137
Abbildung 66: Analyse der Farbkomponenten und Schwellwerte für IR-Bilder.....	138
Abbildung 67: Analyse der Farbkomponenten und Schwellwerte für CCD-Bilder.....	139

Abbildung 68: Front- und Seitenansicht des 360°-Systems (1: Panoramic Annular Lens, 2: Kollektorlinse, 3: CCD-Kamera).....	141
Abbildung 69: PAL-Geometrie	141
Abbildung 70: Programm zur Transformation von PAL-Bildern.....	143
Abbildung 71: Bestimmung des Mittelpunktes (x_0, y_0) im PAL-Bild ...	144
Abbildung 72: Transformiertes PAL-Bild ohne Begrenzung und Interpolation.....	145
Abbildung 73: Transformiertes PAL-Bild mit Begrenzung und Interpolation.....	146
Abbildung 74: Zugkraftsensor	147
Abbildung 75: Analyse der Farbkomponenten als Histogramm.....	149
Abbildung 76: Aufnahme mit dem Feldsystem (links); Pflanzenanteil (rechts)	150
Abbildung 77: Pflanzendichtekarte	151
Abbildung 78: Infrarotaufnahme eines Unkrautfeldes.....	152
Abbildung 79: PAL-Bild des Versuchsfeldes	154
Abbildung 80: PAL-Bild mit einer 45°-Kameraposition	156
Abbildung 81: Bodenkartierung durch Zugkraftmessung.....	158
Abbildung 82: Aufbau eines Zwei-Kamera-Systems.....	164
Abbildung 83: Ferngesteuerter Hubschrauber mit GPS-Kamera-System.....	166
Abbildung 84: Aufbau eines Online-GPS-Video-Systems zum dynamischen Sprühen von Pflanzen	169
Abbildung 85: ThermCAM PM 675 von FLIR	203
Abbildung 86: GPS-Receiver LandStar MK IV	204
Abbildung 87: DGPS MAX der Firma CIS Wireless	205
Abbildung 88: KP-5212T/A.....	215

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Feldeigenschaften	9
Tabelle 2: Pflanzenproduktion	10
Tabelle 3: Dateiendungen im RDS-System	35
Tabelle 4: Dateiendungen im Agrocom-System	42
Tabelle 5: Optimierte Parameter für die IR-Bildanalyse	138
Tabelle 6: Optimierte Parameter für die CCD-Bildanalyse	139
Tabelle 7: Wichtigste Konstanten der Klasse GISEXF	201
Tabelle 8: Wichtigste Membervariablen der Klasse GISEXF	201
Tabelle 9: Wichtigste Methoden der Klasse GISEXF	202
Tabelle 10: Wichtigste Methoden der Klasse INOUTForm	203
Tabelle 11: Belegung des Nullmodemkabels.....	204
Tabelle 12: Konstanten der Klasse VideoCaptureForm	206
Tabelle 13: Wichtigste Membervariablen der Klasse VideoCaptureForm	209
Tabelle 14: Wichtigste Methoden der Klasse VideoCaptureForm	212
Tabelle 15: Wichtigste Membervariable der Klasse VideoCapCtl	212
Tabelle 16: Wichtigste Methoden der Klasse VideoCapCtl	213
Tabelle 17: Konstanten der Klasse IOForm2.....	213
Tabelle 18: Wichtigste Membervariablen der Klasse IOForm2	213
Tabelle 19: Wichtigste Methoden der Klasse IOForm2	215

1. EINLEITUNG

*„Joy in looking and comprehending
is nature’s most beautiful gift.“*

ALBERT EINSTEIN

Durch die bestehende Bevölkerungsexplosion werden mehr Energie, mehr Rohstoffe und vor allem mehr Nahrungsmittel benötigt. Die Weltwirtschaft braucht eine erhöhte systematisierte Produktivität in der Landwirtschaft bei gleichzeitiger Schonung der Natur und einer Verringerung der eingesetzten landwirtschaftlichen und natürlichen Mittel, um den steigenden Lebensmittelbedarf zu decken. Auf Grund der wachsenden Umweltverschmutzung, der zunehmenden Bedeutung der nachhaltigen Nutzung der Ressourcen Wasser und Boden sowie der Notwendigkeit der Erhaltung der genetischen Vielfalt rücken auch Umweltfragen immer mehr in den Vordergrund.

In diesem Zusammenhang kann die Natur mit ihren Ressourcen als lebendes System betrachtet werden (Láng, 1998; Margulis, 1999; Alexandersson, 1999). Ziel ist es, das Gleichgewicht zwischen dem natürlichen und dem vom Menschen entwickelten technischen System herzustellen. Eine Beeinflussung des natürlichen Systems durch das technische System bewirkt eine Anpassung des natürlichen Systems. Beispielsweise passen

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

sich Unkräuter und Schädlinge chemischen Spritzmitteln an und werden resistent.

Wie kann eine mögliche Lösung zur Erhaltung des Gleichgewichtes aussehen? Vollständig auf sämtliche Technologie zu verzichten und wie Naturvölker zu leben, ist momentan nicht der richtige Weg, da die Menschen der Industrieländer zu sehr von der Technik abhängig sind. Heutzutage kann niemand mehr ein großes Feld per Hand bestellen, so daß es wahrscheinlich nur einen Anbau für den persönlichen Bedarf geben würde, soweit das Wissen hierfür vorhanden und genügend landwirtschaftliche Nutzfläche verfügbar wäre. Ein Handel mit landwirtschaftlichen Produkten würde es nur im dörflichen Umfeld geben. Durch fehlende Technik und Chemie würde auch eine starke Abhängigkeit von Naturgewalten bestehen, die zu kompletten Ernteausfällen führen könnten. Auf der anderen Seite kann auch die Gentechnik das Problem nicht lösen. Die Gentechnik wird erst seit einer relativ kurzen Zeit eingesetzt. Welche späteren Auswirkungen die Gentechnik auf Pflanzen, Tiere und Menschen haben wird, kann zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch nicht vollständig überblickt werden (Pollock, 2000; Krutz et al., 2000; Redecker, 2002).

Seit einigen Jahren hat der ökologische Landbau stark zugenommen, da der gesundheitliche Verbraucherschutz und die Sicherung der Lebensmittelqualität immer mehr in den Mittelpunkt des öffentlichen Interesses gerückt ist. Der ökologische Landbau ist eine Landbewirtschaftung im Einklang mit der Natur. Die Pflanzen werden vorbeugend gesund erhalten, die Tiere artgerecht gehalten. Auf den Einsatz von chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmitteln und von mineralischen Stickstoff-

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

düngern wird verzichtet. Ökologisch wirtschaftende Landwirte erhalten die Bodenfruchtbarkeit überwiegend aus den eigenen Kräften des Betriebes und streben eine Kreislaufwirtschaft mit möglichst geschlossenen Nährstoffzyklen an. Dabei werden die Kräfte der Selbstregulation im Ökosystem sowie häufige Fruchtfolgen als auch Beikrautregulierung durch schonende Bodenbearbeitung genutzt. Auch werden die Tiere möglichst artgerecht gehalten und nahezu ausschließlich mit betriebs-eigenen Futtermitteln gefüttert. Gentechnisch veränderte Pflanzen und Tiere werden im ökologischen Landbau nicht eingesetzt (Preuschen et al., 1999; Czechowski et al., 1996; Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, 1998; Löbber, 2001).

Der ökologische Landbau ist besonders umweltfreundlich und schützt Trinkwasser, Boden und Klima. Leider hat er nicht nur Vorteile. Die Erträge sind teilweise um die Hälfte geringer, das Anbaurisiko viel größer und die Arbeitsbelastung höher. Nicht jeder landwirtschaftliche Betrieb kann auch ökologischen Landbau betreiben. Teilweise ist eine komplett neue Infrastruktur des Betriebes notwendig. Ökologisch erzeugte Produkte sind deswegen auch teurer als herkömmliche Produkte, aber ihre Herstellung vermeidet kostenintensive Schäden in der Natur (Emberger, 1993; Schur, 1990; Spindler, 2002; Brandhuber et al., 1992).

Die Präzisionslandwirtschaft stellt eine weitere Möglichkeit zum schonenden Umgang mit den natürlichen Ressourcen dar. Sie erweitert die konventionelle Landwirtschaft um eine verbesserte Technik, mit der Felder teilflächenspezifisch unter Verwendung von möglichst wenig chemischen Spritzmitteln bzw. Dünger bearbeitet werden können. Neben

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

einem erhöhten Umweltschutz trägt sie dazu bei, die Erträge noch zu erhöhen und gleichzeitig Kosten zu sparen (Neményi et al., 2001, 2002, 2003; Pecze et al., 2001; Kutzbach, 2000).

1.1. PROBLEMSTELLUNG UND ZIELSETZUNG

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 (Neményi et al., 2002a; Mesterházi et al., 2002, 2002a; Maniak, 2002).

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 wurden (Maniak, 2002a; Maniak et al., 2003; Mesterházi et al., 2003). 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. ÜBERBLICK ÜBER DIE RELEVANTE FACH- LITERATUR

In diesem Kapitel soll ein Überblick über die Fachliteratur gegeben werden, deren Kenntnis zur Entwicklung eines universellen GIS-Datenaustauschmodules benötigt wird.

2.1. EINFÜHRUNG IN DIE PRÄZISIONSLANDWIRTSCHAFT

Die Präzisionslandwirtschaft setzt verschiedene Technologien ein, um die Heterogenität innerhalb eines Feldes während der verschiedenen landwirtschaftlichen Arbeitsgänge zu berücksichtigen. In der traditionellen Landwirtschaft wird ein Feld als homogene Einheit betrachtet. Die Felder waren früher vergleichsweise kleiner und einheitlicher, und die Feldgrenzen wurden wahrscheinlich so festgelegt, daß uniforme Einheiten entstanden sind. Aufgrund der zunehmenden Mechanisierung der Landwirtschaft wurde es den Landwirten möglich, größere Felder zu bestellen, was eine größere Variabilität innerhalb der Felder zur Folge hatte.

„Jedem Landwirt ist bewußt, daß seine Schläge keine Flächen mit einheitlichen Eigenschaften sind. Die Natur hält sich nicht an Besitz- oder Bebauungsgrenzen und verteilt Bodenart oder auch Nährstoffe unregel-

mäßig über die Schläge. Betrachtet man einen Schlag aus der Luft, werden diese Unterschiede besonders deutlich. Bodenart, Nährstoffverfügbarkeit, Humusgehalt usw. führen zu Flächen unterschiedlicher Ertragsfähigkeit.“ (Ebel et al., 1994).

Landwirte und Agrarwissenschaftler suchen heute nach Methoden und Verfahren, um die lokalen Unterschiede innerhalb eines Feldes besser zu erfassen. Die Präzisionslandwirtschaft bietet verschiedene Konzepte zur Anpassung der Landbewirtschaftungsmaßnahmen an die Variabilität von räumlichen und zeitlichen Feldparametern (Witter, 1994).

2.1.1. Ziele der Präzisionslandwirtschaft

Die Präzisionslandwirtschaft hat folgende Ziele:

- Steigerung der Ertragseffizienz
- Verbesserung der Ertragsqualität und -sicherheit
- Umweltschonende Landwirtschaft: Schutz der Erde und des Grundwassers durch Verringerung des Chemieeinsatzes
- Einsparung von Betriebsmitteln

2.1.2. Schlüssel zum Erfolg

Um die oben genannten Ziele erfolgreich zu erreichen, basiert die Präzisionslandwirtschaft auf drei Schlüsselementen:

- Informationen
- Technologien
- Management

2.1.2.1. Informationen

Heutzutage sind für den modernen Landwirt Informationen die wertvollste Ressource. Pünktliche und genaue Information ist essentiell in allen Phasen der Landwirtschaft von der Planung bis zur Zeit nach der Ernte. Die verfügbaren Informationen für den Landwirt beinhalten einerseits die Feldeigenschaften und andererseits die Pflanzenproduktionsdaten.

2.1.2.1.1. Feldeigenschaften

Eine detaillierte Übersicht über die Feldeigenschaften zeigt die Tabelle 1 (Bill et al., 1996):

Feldeigenschaften		
Physisch	Chemisch	Biologisch
Feldgrenzen	Nährstoffgehalt	Ertragsmenge
Geländere relief	pH-Wert	Ertragsqualität
Bodenarten und -typen	Salzgehalt	Unkrautpopulationen
Wassergehalt	Kationenaustausch- kapazität	Schädlingspopulationen
Entwässerung	Schadstoffe	Saatgutverteilung
Korngrößenverteilung		
Wurzelvolumen		

Tabelle 1: Feldeigenschaften

Die Feldeigenschaften können z.B. aus Flurkarten aus dem Liegenschaftskataster, aus topographischen Karten, aus Klima- und Witterungskarten, aus Luftbildern und aus landwirtschaftlichen Betriebsdaten gewonnen werden. In den meisten Fällen existieren nur analoge Karten, die eingescannt und digitalisiert werden müssen. Die Schlageigenschaften dienen zur Ermittlung der IST-Situation (Fietkau, 1982).

2.1.2.1.2. Pflanzenproduktion

Des weiteren gibt es bei der Pflanzenproduktion bzw. Landwirtschaft folgende Eigenschaften (Tabelle 2):

Pflanzenproduktion		
Physisch	Chemisch	Biologisch
Saattiefe	Düngemittel	Pflanzenvariabilität
Saatrate	Insektizide	Pflanzenarten
Drillkontrolle	Nematozide	Pflanzenwachstumsverhalten
Bewässerung	Fungizide	Pflanzenresistenz
Entwässerung	Herbizide	

Tabelle 2: Pflanzenproduktion

Aus den Daten der Pflanzenproduktion lassen sich Behandlungskarten bzw. Applikationskarten erstellen. Mit Hilfe dieser Karten werden z.B. Düngestreuer gesteuert (Kromer et al., 2001; Conrad, 1992).

2.1.2.1.3. Kreislauf in der Präzisionslandwirtschaft

Der Landwirt muß die verfügbaren Informationen zusammentragen, auswerten und diese bei jedem Schritt im landwirtschaftlichen Kreislauf in Form von teilflächenspezifischen Bewirtschaftungsmaßnahmen einsetzen (Abbildung 1).

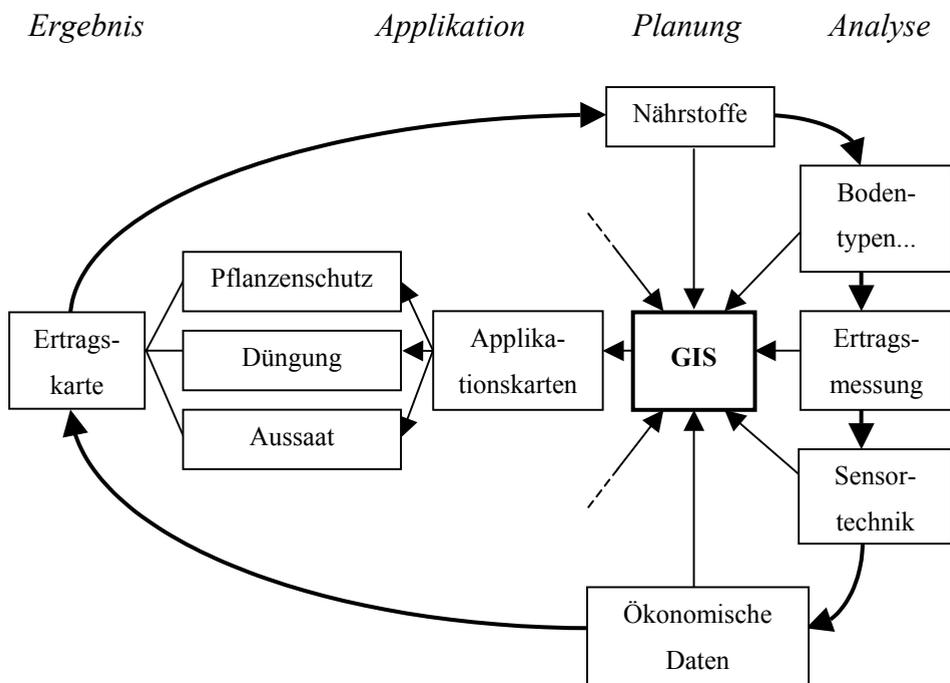


Abbildung 1: Kreislauf in der Präzisionslandwirtschaft

Der Erfolg hängt damit stark vom Wissen des Landwirts von den Prozessen und Effekten innerhalb des Feldes ab. Moderne Technik in Form von Geographischen Informationssystemen (GIS) hilft dem Landwirt nicht nur, dieses Wissen zu erlangen, sondern auch die Informationssammlung, -analyse und -anwendung in Form von den bereits erwähnten Applikations- bzw. Maßnahmenkarten durchzuführen. Die wichtigsten Anwendungsfelder der Präzisionslandwirtschaft sind Ertragskartierungen, Pflanzensaatapplikationen, Pflanzenschutz- und Düngemittelapplikationen, Bodenprobenahme, Agrarsubventionen und die Entscheidungsunterstützung für durchzuführende Bewirtschaftungsmaßnahmen auch und

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

gerade unter Berücksichtigung ökologischer Faktoren (Auernhammer, 1994; Auernhammer et al., 1994). Die Ertragskarten fließen wiederum in den nächsten GIS-Zyklus ein und tragen so zur Anpassung der verschiedenen Feldmodelle und -applikationen bei (Demmel et al., 1998; Ehlert et al., 2001; Stafford, 2000; Thiessen, 2002; Thysen, 2000; Treue, 2002; Wollenhaupt et al., 1994; Rothmund et al., 2002).

2.1.2.2. Technologien

Die Verwendung moderner Technologien in der Präzisionslandwirtschaft ist der zweite Schlüssel zum Erfolg. Die rasante Entwicklung der Technologien macht selbst komplexe Modelle und Verfahren für die Landwirtschaft verfügbar. Der Computer kann dem Landwirt helfen, die verschiedenen Daten effizient zu organisieren und zu verwalten (Scheufler, 2001; Voßhenrich et al., 2000).

2.1.2.2.1. Global Positioning System

Für alle Applikationen sowie für den Erntevorgang wird das Global Positioning System (GPS) eingesetzt, welches den räumlichen Bezug der Daten herstellt.

Das GPS ist ein satellitengestütztes System zur Ortsbestimmung und Navigation. Ursprünglich wurde es 1973 für militärische Zwecke im Auftrag des amerikanischen Verteidigungsministeriums unter ausschließlicher Verwendung von amerikanischen Satelliten entwickelt. Im

Jahre 1993 - mit Beendigung der politischen Spannungen zwischen Ost und West - hat das Pentagon das System für die zivile Nutzung freigegeben, welche mittlerweile nicht mehr nur auf die USA begrenzt ist.

Ein GPS-Nutzer empfängt die Satellitensignale, die permanent weltweit und wetterunabhängig ausgestrahlt werden. Mit Hilfe von mindestens vier und bestenfalls sieben Satellitensignalen lassen sich die 3D-Positionen im Koordinatensystem der Erde (ellipsoidische Koordinaten im WGS 84, siehe Kapitel zu Koordinatensystemen), Geschwindigkeit und Neigung berechnen.

Das heutige GPS besteht aus drei Segmenten:

- Satellitensegment mit 24 Satelliten
- Kontrollsegment
- Nutzersegment

Für das Satellitensegment sind 24 Satelliten gleichmäßig auf sechs Bahnebenen verteilt, die in 20.000 km Höhe in jeweils 12 Stunden die Erde umkreisen. Diese mit Atomuhren ausgestatteten GPS-Satelliten generieren und senden Navigationssignale in Form von Mikrowellen aus. Gleichzeitig empfangen und speichern sie Informationen von den Kontrollstationen. Zum Kontrollsegment gehören 5 Stationen, mit denen das System kontrolliert und gesteuert wird. Das Nutzersegment besteht aus einem GPS-Empfänger zur Messung und zur Berechnung der Position auf der Erde. Bei der Messung wird die Laufzeit bzw. die Strecke zwischen Satellit und GPS-Empfänger ermittelt. Zur Berechnung der

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

Position aus den Streckenmessungen wird das Prinzip des Bogenschnittes verwendet. In der Ebene reichen zwei Strecken von einem bekannten Punkt aus, um die Koordinaten des gesuchten Punktes zu bestimmen. Im Raum wird eine zusätzliche Strecke benötigt. Darüber hinaus ist zwischen Satelliten und Empfänger ein Uhrenabgleich notwendig, so daß es pro Standort des Empfängers vier Unbekannte zu bestimmen gibt. Somit werden vier Satellitensignale zur 3D-Positionsbestimmung benötigt.

Um eine höhere Meßgenauigkeit bei der Positionsbestimmung zu erreichen, wird heutzutage mit der differentiellen GPS-Messung (DGPS) gearbeitet, wobei nur die Relativkoordinaten zwischen einem Empfänger mit bereits bekannten Koordinaten, der Referenzstation, und einem Empfänger mit der gesuchten Position bestimmt werden. Da an beiden Empfangsstationen vergleichbare Fehlerbedingungen gelten, fällt ein Meßfehler bei der Differenzbildung heraus. Mit dem DGPS-Verfahren läßt sich die Genauigkeit einer Positionsmessung bis in den Zentimeterbereich steigern. Die Genauigkeit ist theoretisch besser als 20 cm, in der Praxis jedoch beträgt sie nur $\pm 2,5$ m. Problematisch sind Abschattungen, stark kuppiges Gelände und Hochspannungsleitungen. Besonders schlecht einzuschätzen sind exogene Störungen (z. B. Gewitter) sowie bauartbedingte Unterschiede der Meßgeräte aufgrund ihrer zufällig variierenden Parameter.

Für die landwirtschaftliche Anwendung von GPS werden unterschiedliche Genauigkeiten angestrebt. Die Genauigkeitsanforderungen ergeben

sich im wesentlichen aus der räumlichen Variabilität der Felder, der Genauigkeit der Positionierung während der Applikation, was stark von der Art der Applikation abhängt, der Arbeitsbreite der Maschine und der Reaktionszeit der Landmaschine, z.B. der eines Sprüher. Zur Erstellung einer Ertragskarte ist eine Genauigkeit von 5 m sicherlich ausreichend. Bei der Bodenbearbeitung oder bei der Aussaat ist dagegen eine höhere Genauigkeit erforderlich. Zur Parallelführung bei Pflanzenschutzmaschinen möchte man sogar ± 10 cm erreichen. Eine DGPS-Genauigkeit von $\pm 2,5$ m wäre für diese Applikationen nicht mehr ausreichend.

Im Bereich der Landwirtschaft gibt es eine weitere Anforderung: Die Positionsbestimmungen müssen fortlaufend in einer fahrenden Maschine, z.B. einem Mähdrescher, durchgeführt werden. Dazu müssen die Positionskorrekturen in Echtzeit erfolgen. Dieses Verfahren wird auch als Realtime Kinematic GPS (RTK-GPS) bezeichnet. Durch den Einsatz von Filtern (meist konventionelle Kalmanfilter aus der Navigation) und Algorithmen zur Pseudorange glättung kann die Relativgenauigkeit, bezogen z.B. auf eine Fahrgasse, auf 1-4 cm gesteigert werden. Die Fahrtrichtung wird mittels linearer Regression aus den GPS-Koordinaten bestimmt. Damit lassen sich Applikationen wie Bodenbearbeitung und Aussaat realisieren. Die Kosten für ein RTK-GPS betragen jedoch ca. 30.000 Euro, so daß ein Einsatz erst bei sehr großen Feldern wirtschaftlich wird (Auernhammer, 1994; Bauer, 1997; Holtmann, 2002; Sawyer, 1994; Weltzien, 2003).

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

Heutzutage werden die Korrekturdaten für die Positionsberechnungen oft von Rundfunksendern digital übertragen, so daß die Empfangsstation nur über eine weitere Telemetrieinheit verfügen muß (Abbildung 2).

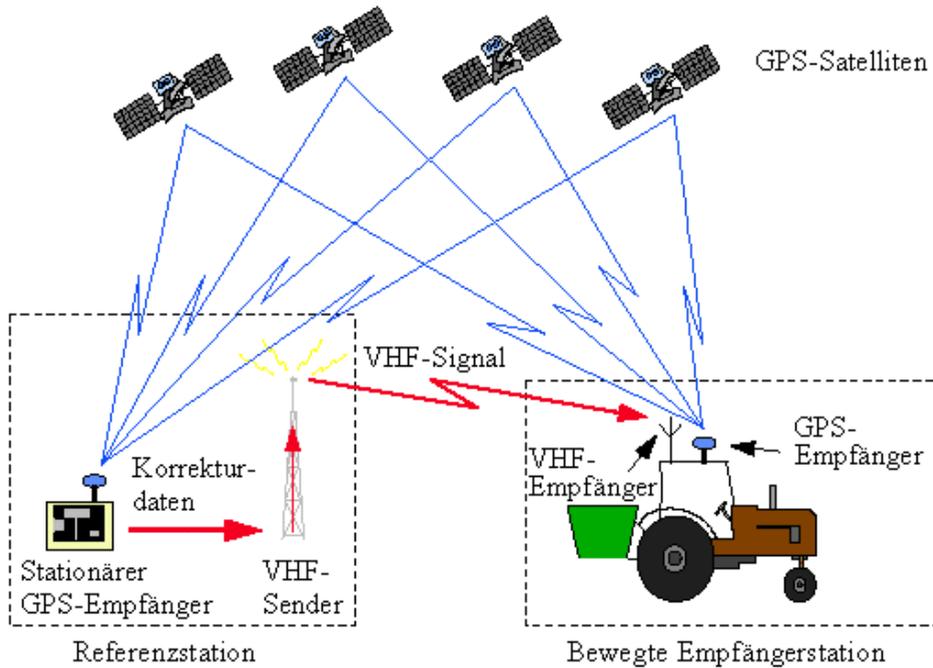


Abbildung 2: Realtime DGPS

2.1.2.2.2. Geographische Informationssysteme

Ein Geographisches Informationssystem (GIS) ist ein computergestütztes System, das aus Hardware, Software, Daten und den Anwendungen besteht. Mit diesem System können raumbezogene Daten digital erfasst, gespeichert, reorganisiert, modelliert und analysiert sowie alphanume-

risch und graphisch präsentiert werden (Bill et al., 1994; Rolf, 2000; Jahns, 1996; Fölster et al., 2001).

Die meisten Systeme haben heute einen hohen Leistungsstand erreicht und finden in den unterschiedlichsten Fachdisziplinen Anwendung. Eine große Zahl kommerziell verfügbarer GIS-Produkte existiert am Markt. In allen Anwendungsfeldern steht die Verknüpfung verschiedenartiger Informationsquellen über einen gemeinsamen Raumbezug in Form von Koordinaten im Vordergrund. Neben dem Raumbezug spielt in einigen Anwendungen auch der Zeitbezug eine primäre Rolle, der im wesentlichen durch die Angabe von Zeitpunkten, Zeitintervallen und Zeitreihen realisierbar ist (R. Bill, 1996). Für Anwendungen der GIS-Technik in der Landwirtschaft bedarf es der speziellen Anpassung der am Markt verfügbaren Produkte an die Bedürfnisse des landwirtschaftlichen Betriebes. Dies bedeutet einerseits, bedienerfreundliche Benutzeroberflächen bei angepaßtem Leistungsspektrum zu schaffen, und andererseits, die Produkte möglichst stark in die betriebswirtschaftliche Software des landwirtschaftlichen Unternehmens zu integrieren. Besonders der letzte Punkt wird leider häufig nicht beachtet, so daß fast alle Systeme proprietäre Datenformate benutzen und nicht kompatibel zueinander sind (Neményi et al., 2001, 2003; Böttinger, 2000).

Durch die Verbindung der GPS-Position mit den Felddaten, die durch verschiedene Sensoren gesammelt werden, kann der Landwirt mit Hilfe eines GIS Feldkarten für jede Datensammlung erstellen. Es sind diverse Sensoren zur Datenerfassung auf dem Markt verfügbar oder noch in der Entwicklung, mit denen Informationen über die Feld- und Pflanzeigen-

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

schaften, den Erntevorgang, die Prozesse nach der Ernteeinfuhr usw. gesammelt werden können. Die Daten geben dem Landwirt eine sofortige Rückmeldung, die dazu verwendet werden kann, eine landwirtschaftliche Anwendung anzupassen und zu kontrollieren.

2.1.2.2.3. Grundlegende Verfahren in der Präzisionslandwirtschaft

In der Präzisionslandwirtschaft werden drei grundlegende Verfahren eingesetzt, die im folgenden kurz vorgestellt werden sollen (Abbildung 3):

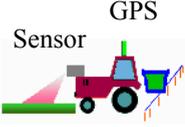
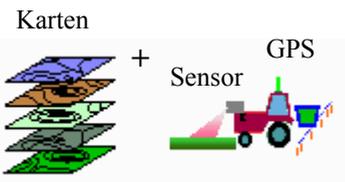
GIS-Kartenüberlagerung	Echtzeit-Datenerfassung	GIS-Kartenüberlagerung + Echtzeit-Datenerfassung
<p>Karten</p>  <p>↓</p> <p>Applikationskarten</p>	<p>Sensor GPS</p>  <p>↓</p> <p>Realtime-Applikationen</p>	<p>Karten + Sensor GPS</p>  <p>↓</p> <p>Wissensbasierte Realtime-Applikationen</p>

Abbildung 3: Grundlegende Verfahren in der Präzisionslandwirtschaft

GIS-Kartenüberlagerung

- Verwendung räumlicher Daten (quasi statisch)
- Überlagerung von verschiedenen Karten über Daten wie z.B. Nährstoffe, Bodentypen, Bodenrelief, Sensordaten und Ernte
- Ergebnisse sind Applikationskarten
- Anwendungen sind z.B. Aussaat und Düngung

Echtzeit-Datenerfassung

- Verwendung räumlicher Daten (dynamisch)
- Einsatz von Sensoren zur Kontrolle der Pflanzenvitalität, Nährstoffe, Unkräuter usw.
- Ergebnisse sind Realtime-Applikationen
- Anwendungen sind z.B. Sprüher gegen Unkräuter sowie Sprüher für Dünger oder für Wachstumsregulatoren

GIS-Kartenüberlagerung und Echtzeit-Datenerfassung

- Verwendung räumlicher Daten (statisch und dynamisch)
- Überlagerung von verschiedenen Karten zur Extraktion von Regeln zur besseren Kontrolle der Pflanzenvitalität, Nährstoffe, Unkräuter usw.
- Ergebnisse sind wissensbasierte Realtime-Applikationen

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

- Anwendungen sind z.B. Sprüher gegen Unkräuter sowie Sprüher für Dünger oder für Wachstumsregulatoren mit Ernte- und Bodentypkarten als Wissensbasis

2.1.2.3. Management

Das Management, der dritte Schlüssel zum Erfolg, verknüpft die verfügbaren Informationen mit der Technologie in einem Gesamtsystem. Die Analyse und Modellierung dieses Expertensystems übernehmen Agrarwissenschaftler, GIS-Konstrukteure, Ökologen, Agrarökonomen und Landwirte. Ohne ein geeignetes Management wäre die Präzisionslandwirtschaft in der Agrarproduktion nicht effektiv. Die gesammelten Informationen bilden die Grundlage für die Entwicklung von Managementstrategien, die dazu dienen können, landwirtschaftliche Betriebsmittel einzusparen, eine höhere Profitabilität und Ernte zu erzielen und die Umwelt zu schonen (Alsip et al., 1991; Beste et al., 2001; Bonham-Carter, 1994; Brebbia et al., 2002; Christen, 1996).

2.1.3. Probleme bei der Kombination verschiedener GIS-Produkte

Wie bereits im Kapitel „Geographische Informationssysteme (GIS)“ erwähnt, gibt es auf dem Markt diverse Systeme verschiedener GIS-Hersteller oder Landmaschinenfirmen mit meistens speziellem Fokus auf ein Teilgebiet der Landwirtschaft. Die landwirtschaftlichen Daten werden

von verschiedenen Systemen und Geräten erfasst, gespeichert und ausgewertet. Jedes System verwendet seine eigene Hardware und eigene Softwareapplikationen, um die Daten zu verwalten. In fast allen Fällen werden die landwirtschaftlichen Daten in einem proprietären, nicht standardisierten Datenformat gespeichert. Die meisten GIS-Hersteller bieten für die gesamte Verarbeitung dieser Daten Dienstleistungen an, um den Landwirt beim Umgang mit dem System zu unterstützen. Wenn es überhaupt Schnittstellen des Systems nach außen gibt, so existiert nur ein eingeschränkter Zugriff auf die landwirtschaftlichen Daten des GIS. Im Kapitel „Datenformate“ werden die Formate zweier GIS-Hersteller analysiert.

2.2. KOORDINATENSYSTEME

Alle GIS-Softwarepakete verwenden einen Raumbezug, um die landwirtschaftlichen Daten zu organisieren. Es können in einem GIS-Produkt mehrere verschiedene Koordinatensysteme eingesetzt werden, die bei Bedarf ineinander umgerechnet werden müssen. In der Präzisionslandwirtschaft sind folgende Koordinatensysteme am häufigsten vertreten (Maniak, 2002/2003):

- System mit Längen-, Breitengrade und Höhe (*Latitude-Longitude-Height*)
- UTM-System (*Universal Transverse Mercator*)
- SPC-System (*State Plane Coordinates*)

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

In den folgenden Abschnitten sollen nur die ersten beiden Koordinatensysteme besprochen werden. Das SPC-System wird nur in den USA eingesetzt und basiert auf verschiedenen US-Bundesstaaten. Es ist dem UTM-System sehr ähnlich.

2.2.1. System mit Längen-, Breitengrade und Höhe

Das am häufigsten bei GIS eingesetzte Koordinatensystem ist das der Längen- und Breitengrade und Höhe (Abbildung 4).

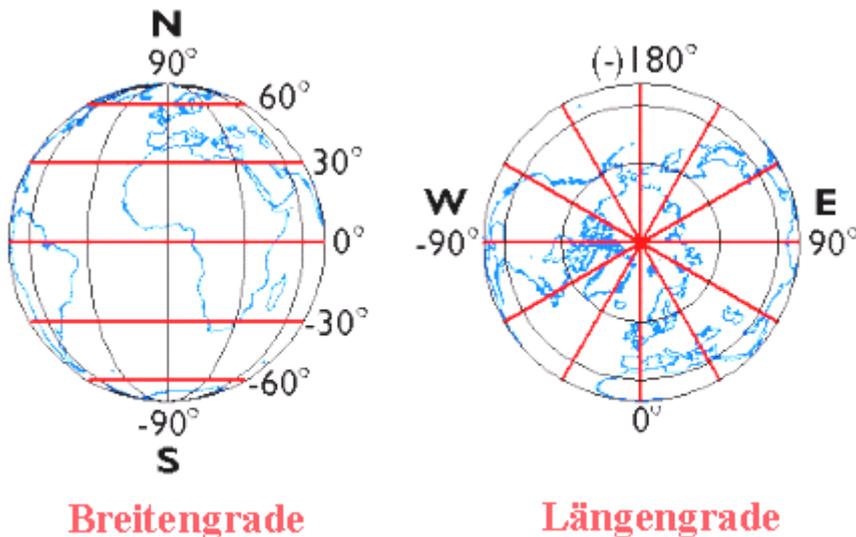


Abbildung 4: Längen- und Breitengrade

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

Die Koordinaten setzen sich aus zwei Winkeln und der Höhe zusammen. Der 0-Meridian, welcher durch Greenwich in England verläuft, und der Äquator sind die Referenzebenen zur Bestimmung der Längen- und Breitengrade. Die geographische Breite wird durch den Winkel der Verbindungsachse zwischen Bezugspunkt und Erdmittelpunkt zur Äquatorebene beschrieben. Die geographische Länge ist der Winkel zwischen der 0-Meridianebene und einer weiteren Ebene, die senkrecht zur Äquatorebene den zu referenzierenden Punkt und den Erdmittelpunkt schneidet. Die Höhe ist durch den Abstand des Punktes zum Erdmittelpunkt definiert.

Die Längen- und Breitengrade verwenden das Winkelmaß Grad, Minuten und Sekunden als Einheit. Wahlweise existiert auch eine Dezimaldarstellung. Eine Sekunde von einem Breitengrad sind ungefähr 30 Meter. Daraus ergibt sich die Genauigkeit für die Maßeinheit Grad, Minute, Sekunde. Da die Längengrade an den Erdpolen zusammenlaufen, nimmt die Auflösung der Längengrade zu den Polen hin zu. Alternativ zur Winkeldarstellung existiert auch eine Dezimaldarstellung der Koordinaten, wodurch die Genauigkeit lediglich von der Anzahl der Dezimalstellen begrenzt wird. Ursprung des Koordinatensystems bildet der Schnittpunkt zwischen dem Äquator (0° Breite) und dem Hauptmeridian (0° Länge). Auf Grund der sphärischen Geometrie und den daraus resultierenden Winkelkoordinaten sind Entfernungsmessungen komplex. Auf der westlichen und auf der südlichen Hemisphäre besitzen die Koordinaten ein negatives Vorzeichen.

2.2.2. UTM-Koordinaten

Das UTM-Koordinatensystem ist ein weltweites System, das ursprünglich vom amerikanischen Verteidigungsministerium 1947 entwickelt wurde und mittlerweile in der zivilen Kartierung in vielen Ländern weit verbreitet ist. Durch seine weltweite Konsistenz läßt sich mit Hilfe eines Satzes von Gleichungen jede beliebige Koordinatenposition auf der Erde berechnen.

Allgemein wird dieses metrische Koordinatensystem für Karten mit einem Maßstab zwischen 1:500.000 und 1:24.000 eingesetzt. Die UTM-Kartenprojektion konvertiert die Winkelkoordinaten Breiten- und Längengrad in ein einfaches quadratisches Koordinatensystem mit Nord- und Ostachse (N und E). Im Koordinatensystem wird die vertikale Achse als Nordachse (N) und die horizontale Achse als Ostachse (E) bezeichnet.

Die Einheit im System ist Meter. Wenn UTM-Koordinaten eingesetzt werden, muß das richtige Referenzsystem (*datum*) bekannt sein, auf das die Winkelkoordinaten projiziert werden.

Es gibt zwei Arten von Referenzsystemen:

- *North American Datum* von 1927 (NAD27)
- *World Geodetic Reference System* von 1984 (WGS84)

Falls das falsche Referenzsystem für die Positionsbestimmung zugrunde gelegt wird, so kann die errechnete Position um mehr als 100 Meter von der eigentlichen Position abweichen.

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

Die Universal Transverse Mercator-Projektion überdeckt die Erde zwischen 84° nördlicher und 80° südlicher Breite mit 60 Meridianstreifensystemen, welche jeweils sechs Längengrade breit sind (Abbildung 5). Die Polarregionen werden durch das Universal Polar Stereographic-System abgedeckt (Dana, 1999).

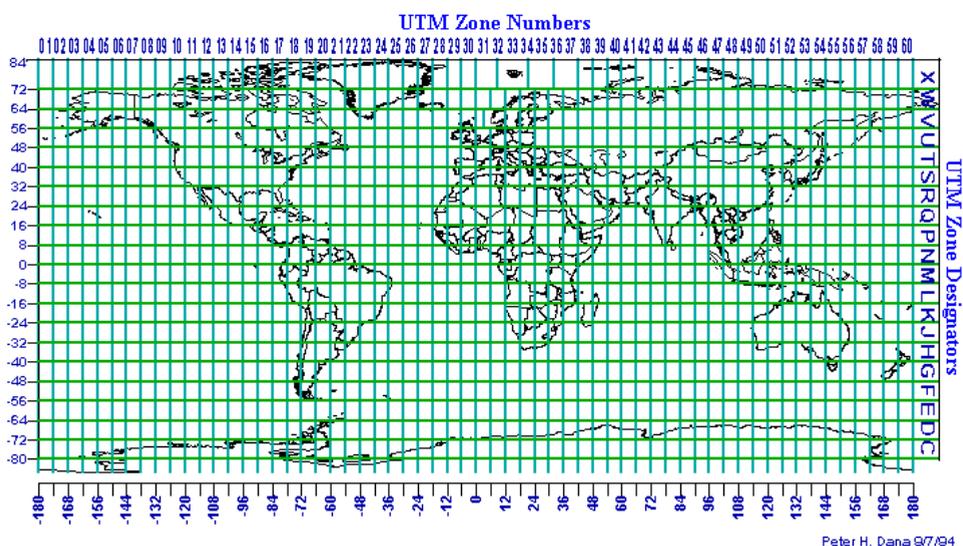


Abbildung 5: Universal Transverse Mercator

Die Mittelmeridiane der einzelnen Streifensysteme (Zonen) liegen bei 3° , 9° , 15° , 21° usw. östlicher und westlicher Länge. Die Numerierung der Zonen von West nach Ost beginnt beim Meridian 177° westlicher Länge. Vom Südpol zum Nordpol sind die Zonen in 8° Breitenstreifen unterteilt und mit Buchstaben versehen. Ungarn liegt in Zone 17° bis 22° östlicher Länge mit einer Ausdehnung von ca. 46° bis 48° nördlicher Breite im Abschnitt 34T. Über dieses Gitter wird zur genaueren Ortsangabe ein

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

noch feineres Netz mit 100 km Raster gelegt und entsprechend der Anordnung in Zeilen und Spalten mit Doppelbuchstaben gekennzeichnet.

Im Gegensatz zum bereits vorgestellten Koordinatensystem, das auf Längen- und Breitengraden und Höhe basiert, besitzt das UTM-System eine planare Geometrie. Die UTM-Koordinaten werden als Distanzen in Metern gemessen. Die maximale Abweichung liegt bei $1 / 2.500$. Jede Zone hat ihren eigenen Koordinatenursprung. Die N-Koordinate wird als Abstand vom Äquator in km angegeben. Auf der Südhalbkugel addiert man zu den negativen Werten 10.000 km. Die E-Koordinate ist der Abstand vom Mittelmeridian in km, wobei diesem der Wert 500 km zugewiesen wird.

Ein großer Vorteil des UTM-Systems ist, daß die gekrümmte Erdoberfläche auf eine flache Karte projiziert wird, und daß alle Maße in Metern gemessen werden. Raumbezogene Daten können von einer GIS-Software sehr einfach verwaltet werden, da keine Umrechnung der Koordinaten nötig ist, um z.B. eine Meßwertkarte darzustellen.

Neben der Verwendung des UTM-Systems in Militärmkarten der USA und der NATO, setzen auch die meisten GPS-Empfänger dieses System zur Positionsbestimmung ein, wobei als Referenzsystem das WGS84 dient.

2.2.3. Koordinatentransformation

Geographische Daten unterschiedlichster Herkunft und Georeferenzierung stellen für die Verwendung in GIS-Anwendungen immer wieder ein großes Problem dar. Die meisten Geographischen Informationssysteme unterstützen mehr als ein Koordinatensystem und können teilweise automatisch Breiten- und Längengrade in UTM-Koordinaten mit Hilfe komplizierter Umrechnungsoperationen transformieren, um eine Entfernung in Metern zu berechnen. Nur durch das Zugrundelegen eines einheitlichen Koordinatensystems ist eine Überlagerung verschiedener GIS-Karten möglich (siehe Abschnitt 2.1.2.2.3 Grundlegende Verfahren in der Präzisionslandwirtschaft).

Zahlreiche Umrechnungsprogramme erwecken den Anschein, daß der Anwender nur noch seine landwirtschaftlichen Daten eingeben muß, und der Computer gibt ihm in kürzester Zeit die korrekten Koordinaten eines anderen Systems. Leider weisen die Ergebnisse häufig starke Lagefehler auf, was beweist, daß die Anwendung dieser Transformationsprogramme anscheinend doch nicht so einfach ist.

Eine grundsätzliche Herangehensweise an eine Transformation zwischen zweidimensionalen Koordinatensystemen ist die Umrechnung der umzuwandelnden Koordinaten in dreidimensionale geographische Koordinaten. Zu diesem Zweck gibt es jeweils komplizierte Rechenoperationen, bei denen der Prozeß der Kartenprojektion und der Verortung eines Punktes im Koordinatensystem rückwärts nachvollzogen wird. Der nächste Schritt ist die Berechnung der gewünschten Koordinaten aus den

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

vorher errechneten geographischen Koordinaten, wofür es wiederum komplizierte Rechenoperationen gibt. Diese Herangehensweise, wie sie auch von vielen GIS-Softwarepaketen verwendet wird, führt zu exakten Ergebnissen.

Es werden folgende Informationen vom Ein- bzw. Ausgangssystem benötigt:

- Koordinatensystem
- Projektionstyp
- Bezugsellipsoid

Fehlerhafte Ergebnisse kommen nur durch falsche Angaben dieser drei Parameter zustande.

Die vereinfachte Annahme von der Erde in Kugelgestalt ist für die Erstellung von Karten mit Maßstäben größer als 1:2 Mio. zu ungenau. Für diese Maßstäbe muß als Grundlage ein der Erdform angenähertes Rotationsellipsoid verwendet werden (Abbildung 6).

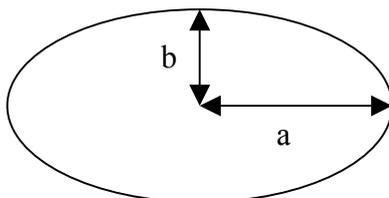


Abbildung 6: Erdellipsoid

Der Radius des Ellipsoiden ist vom Erdmittelpunkt bis zum Äquator (große Halbachse a) größer als vom Erdmittelpunkt zum Pol (kleine Halbachse b).

Für die unterschiedlichen Kartenprojektionen und Koordinatensysteme werden international verschiedene Maße für den Ellipsoiden zugrunde gelegt, was beim Umrechnen von Koordinaten zu großen Problemen führen kann.

Das grundsätzliche Verfahren zur Koordinatentransformation zeigt die nächste Abbildung:

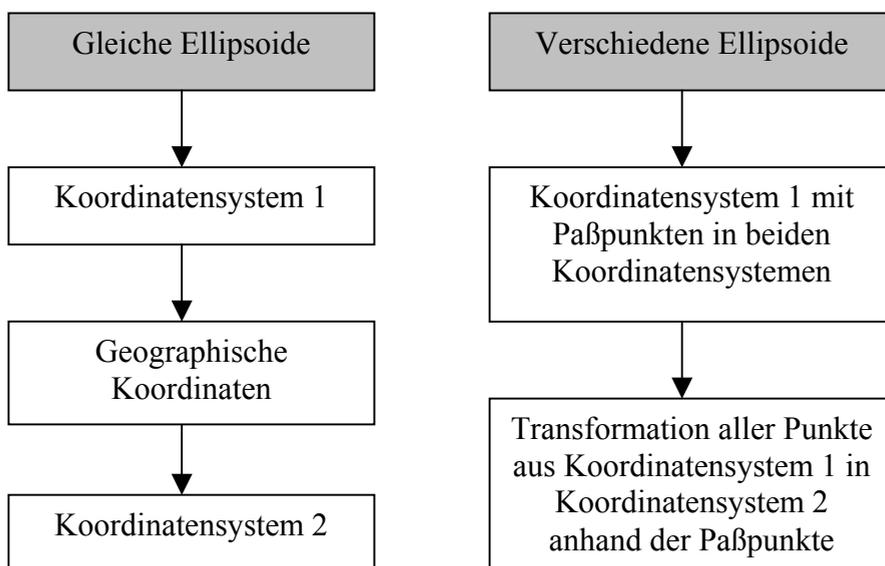


Abbildung 7: Ablaufschema einer Koordinatentransformation

Die Koordinaten können bei Verwendung von verschiedenen Ellipsoiden nur näherungsweise bestimmt werden, was zu Fehlern in Meterdimen-

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

sionen führt. Für große Maßstäbe und andere Anwendungen, bei denen die Lagegenauigkeit sehr wichtig ist, sind diese Daten nicht zu verwenden. Die meisten GIS-Programme geben bei Angabe unterschiedlicher Ellipsoide entweder eine Fehlermeldung aus oder sie nehmen zur Berechnung für beide Systeme die Kugel als Grundlage.

Eine häufig eingesetzte Methode zur Umrechnung von Koordinaten auf unterschiedliche Ellipsoide ist die Verwendung von Paßpunkten, von denen jeweils die genauen Koordinaten in beiden Koordinatensystemen gegeben sind. Diese können in Ungarn von den Vermessungsämtern erworben werden. Die Koordinaten des umzuwandelnden Datensatzes werden dann anhand der Paßpunkte transformiert, wofür es wiederum spezielle Programme gibt.

Da Geographische Informationssysteme darauf beruhen, daß verschiedene Daten durch ihren gleichen geographischen Bezug zusammen dargestellt und zu Analysen verwendet werden, ist die exakte Umrechnung von Koordinaten häufig eine wichtige Voraussetzung für erfolgreiches Arbeiten.

Mit dem Programm „ArcInfo“ ist es beispielsweise möglich, Vektor- sowie Rasterdaten in andere Koordinatensysteme mit Hilfe des Befehles „Project“ zu transformieren (Hake et al., 1994; Von Werner et al., 1999).

2.3. DATENFORMATE

2.3.1. Rasterformat und Vektorformat

Das Raster- und das Vektorformat sind die gängigsten Formate in landwirtschaftlichen Datensystemen (Abbildung 8).

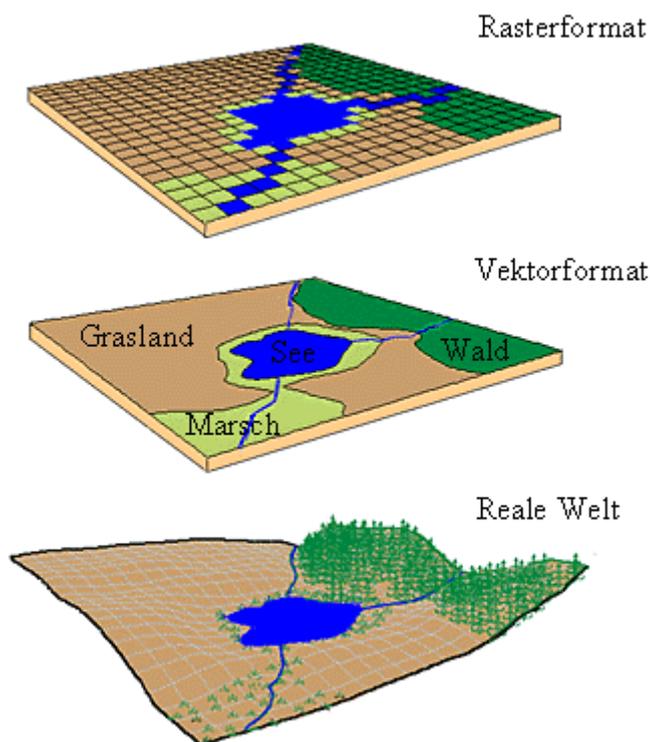


Abbildung 8: Raster- und Vektorformat

Beim Rasterformat dienen in Zeilen und Spalten regelmäßig angeordnete quadratische Zellen als Informationsträger, wodurch sie eindeutig adressierbar sind. Jede Zelle enthält ein Attribut oder einen numerischen

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

Wert. Die Zellen bilden die Basiselemente für die Konstruktion eines Bildes. Objekte wie Straßen oder Feldgrenzen sind lediglich eine Gruppe von Zellen, die alle das gleiche Attribut besitzen: Straße oder Grenze. Rasterdateien können mehrere Tausend Zellen enthalten. Auf Grund der Zellenstruktur können Rasterdateien schnell aus Meßpunkten erzeugt werden. Eine Eigenschaft von Rasterdaten ist, daß bei der graphischen Darstellung Linien in Treppenstruktur gut erkennbar werden können, was von einer zu geringen Datenauflösung kommt. Kenngröße für das Rasterformat ist die Rastergröße, d.h. der Abstand zweier Zeilen bzw. Spalten zueinander.

Das Vektorformat braucht keine festen Abstände zwischen den einzelnen Meßpunkten. Es ist wesentlich flexibler. Die Basiseinheiten bzw. Objekte zur Speicherung und Darstellung sind Punkte, Linien oder Polygone (Bereiche). So können beispielsweise die Feldgrenzen sehr einfach gespeichert werden. Insgesamt wird zur Datenspeicherung weniger Platz benötigt als beim Rasterformat.

Im Idealfall bietet sich daher für den Raumbezug die Verwendung von Vektordaten an, da mit diesen auch mathematische Berechnungen wie Abstände, Flächen usw. relativ leicht durchführbar sind. Bei Verwendung von Satellitendaten oder bei regelmäßiger Partitionierung des betrachteten Feldes können aber durchaus Rasterdaten sinnvoller sein, d.h. in Zeilen und Spalten regelmäßig angeordnete quadratische Zellen als Informationsträger. Allgemein gilt für das Raster- und Vektorformat die Regel: „raster is faster but vector is corrector“. Die meiste GIS-Software für die Präzisionslandwirtschaft verwendet beide Formate. Z.B. werden

Ertragskarten häufig im Rasterformat angelegt, Bodeneigenschaften dagegen im Vektorformat. Das Aufnehmen von Meßpunkten während eines Arbeitsganges auf dem Feld erfolgt ebenfalls im Vektorformat. Während der Aufnahme müssen die maximal zulässigen Meßpunktabstände berücksichtigt werden (Domsch et al., 2001, 2002). Die Abstände hängen von der Art der Messungen ab. Bei Bodenproben reichen 1-2 Messungen pro Hektar aus, da sich die Bodeneigenschaften nicht so schnell ändern. Bei einer Ertragskarte sind Abstände von <10 m wünschenswert, um bei einer resultierenden Applikationskarte die Weite eines Düngestreuers berücksichtigen zu können.

Soll aus einzelnen, unregelmäßig verteilten Meßpunkten im Vektorformat eine Karte mit regelmäßig verteilten Punkten entstehen, so ist eine Transformation des Vektorformates in das Rasterformat durch Interpolation nötig (Abbildung 9).

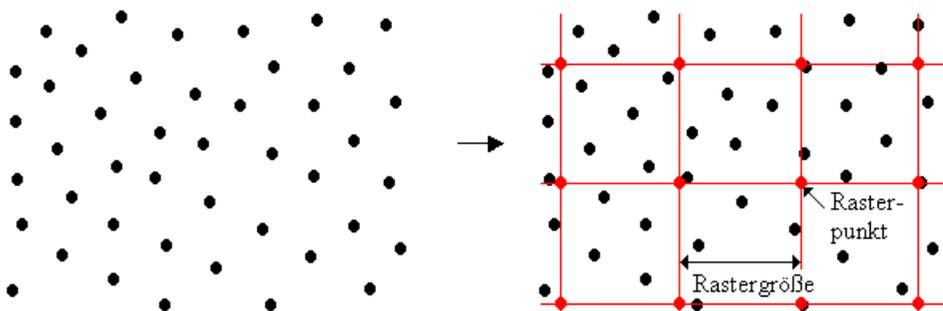


Abbildung 9: Transformation des Vektorformates in ein Rasterformat

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

Die verschiedenen Interpolationsverfahren werden separat im Abschnitt 2.4 vorgestellt und analysiert.

2.3.2. Formate verschiedener GIS-Produkte

Am Institute of Agricultural, Food and Environmental Engineering in Mosonmagyaróvár werden zwei GIS-Produkte zu wissenschaftlichen Forschungszwecken eingesetzt:

- „RDS Precision Farming“ der Firma RDS Technology Ltd
- „AGRO-MAP Basic“ der Firma Agrocom

Beide Datenformate basieren auf Vektordaten, die in Form von mehreren Meßwerten pro GPS-Position strukturiert sind.

Das Datenformat beider Produkte soll in den beiden folgenden Abschnitten näher untersucht werden. Oft kann bereits anhand der Dateiendung das Datenformat abgelesen werden.

2.3.2.1. „RDS Precision Farming“-Format

2.3.2.1.1. Dateitypen

Im „RDS Precision Farming“-Produkt sind die Dateiendungen folgendermaßen definiert (RDS Precision Farming, 2000):

Dateiendung	Bedeutung
B	Feldgrenzen
D	Düngeprotokoll (archiviert)
E	Saatplan
F	Düngeplan
G	Saatprotokoll (nicht archiviert)
H	Düngeprotokoll (nicht archiviert)
K	Sprüherprotokoll (archiviert)
M	Saatprotokoll (archiviert)
N	Bodenprobenplan
P	Sprüherplan
Q	Bodenprobenprotokoll (nicht archiviert)
R	Sprüherprotokoll (nicht archiviert)
S	Bodenprobenprotokoll (archiviert)
T	Fahrspurprotokoll
Y	Ertragsprotokoll
Z	Jahresprotokoll

Tabelle 3: Dateiendungen im RDS-System

Als Protokolle werden die Online-Messungen während eines Arbeitsganges auf dem Feld bezeichnet. Die Pläne dienen als Vorgaben für die jeweiligen Arbeitsschritte. Sie beinhalten die Solldaten für die Bordgeräte im landwirtschaftlichen Fahrzeug.

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

Alle Daten werden in der „Agriculture Data Interchange Syntax“ (ADIS-Format) gespeichert, die konform zum Draft International Standard ISO/DIS 1187 ist. Aufgrund dieses Standards können die RDS-Daten auch durch andere GIS-Anwendungen fremder Hersteller gelesen werden, falls diese den RDS-Standard unterstützen.

2.3.2.1.2. Dateistruktur

Die RDS-Daten sind in Form einer Tabelle strukturiert. Jeder Datensatz besteht aus einer Reihe, in der die einzelnen Datenfelder durch @-Zeichen in Spalten aufgeteilt werden. In der ersten Spalte existiert für jede Reihe ein Präfix, der den Datentyp und die Jobnummer identifiziert (xxxxxxx).

Die Reihen sind folgendermaßen gruppiert:

1. Headerdaten: DHxxxxxxx@ Definitionszeile
 VHxxxxxxx@ Wertezeile

2. Felddaten: DNxxxxxxx@ Definitionszeile
 VNxxxxxxx@ Wertezeile
 ...
 VNxxxxxxx@ Wertezeile

3. Meßdaten: DNxxxxxxx@ Definitionszeile
 VNxxxxxxx@ Wertezeile

4. Summendaten: DNxxxxxx@ Definitionszeile
VNxxxxxx@ Wertezeile

5. Ende der Datei: EN, ZN

Alle Zeichen der Datei verwenden das ASCII-Textformat und können mit Hilfe jedes Textprogrammes gelesen werden. Ein Leseproblem kann durch eine Limitierung der Dateigröße auftreten.

Alle Datengruppen beinhalten eine mit D beginnende Definitionszeile, in der das Datenformat in den einzelnen Spalten festgelegt wird. Zu jeder Definitionszeile gibt es eine oder mehrere Wertezeilen, welche mit V beginnen. Die Felder in den Definitionszeilen sind jeweils 8 Zeichen lang.

Jedes Definitionsfeld hat folgende Struktur:

rrrraad

rrrr: Fünfstellige Referenznummer im RDS-Datenlexikon (siehe Anhang)

aa: Zweistellige Angabe der Anzahl der alpha/numerischen Zeichen

d: Einstellige Angabe der Anzahl der Dezimalstellen

2.3.2.1.3. Auswertung einer RDS-Datei

Zur besseren Anschauung soll hier kurz eine Auswertung der RDS-Datei „DL017000.002“ vorgestellt werden. Es ist ein „RDS Ceres 2 yield file“ zur Echtzeit-Datenerfassung während der Getreideernte. Der Dateiname bedeutet:

DL (Dynamic logging)017(Jobnummer 17)000(Feld 0).

Hier ist ein Auszug aus dem Dateiinhalt:

```
DH000017@00001200@00002200@00003100@00004080@00005060
VH000017@ RDS Technology Ltd@ Ceres 2 Yield Meter@
NG406-543@20001009@154623
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

DN000017@00006042@00016062@00012052@00017065@00201096@00202106@
00204051@00203010@00301020
VN000017@0000@999999@00000@000027@+47684881@+017966163@001240@
4@00
VN000017@0460@999999@00000@000009@+47684868@+017966078@001250@
4@00
VN000017@0460@000012@00000@000016@+47684851@+017966013@001250@
4@00
VN000017@0460@000011@00000@000037@+47684836@+017965944@001250@
4@00
VN000017@0460@000059@00350@000119@+47684823@+017965893@001250@
4@00
...
VN000017@0460@000845@03950@002051@+47685010@+017965964@001220@
4@00
```

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

VN000017@0460@000736@04150@001795@+47684973@+017965981@001220@
4@00
DN000017@00007062@00008072@00009072
VN000017@000234@0000426@0002702
DN000017@00011073@00012052@00015010@00014071
VN000017@0068344@02881@7@0000202
EN
ZN

Erläuterung der Datei:

Definitionszeile Header:

DH000017@00001200@00002200@00003100@00004080@00005060

Wertezeile Header:

VH000017@ RDS Technology Ltd@ Ceres 2 Yield Meter@
NG406-543@20001009@154623

Erklärung:

Präfix @ Firma @ Produktname @ Software Versionsnummer @
Datum @ Zeit

Definitionszeile Felddaten:

DN000017@00101073@00102073@00103073@00104073@00105073@00106073

Wertezeile Felddaten:

VN000017@0001000@0001000@0009115@0000000@0000000@0012000

Erklärung:

Nutzerfunktion 1 (Feld 1) @ N.fkt. 2 (Feld 1) @ N.fkt. 3 (Feld 9) @
N.fkt. 4 @ N.fkt. 5 @ N.fkt. 6 (Feld 12)

Definitionszeile Felddaten:

DN000017@00107073@00108073@00109073@00110073@00111073@00112073

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

Wertezeile Felddaten:

VN000017@00000000@00000000@00000000@00000000@00000000@00000000

Erklärung:

Nutzerfunktion 7 @ N.fkt. 8 @ N.fkt. 9 @ N.fkt. 10 @ N.fkt. 11 @
N.fkt. 12

Definitionszeile Meßdaten:

DN000017@00006042@00016062@00012052@00017065@00201096@00202106@
00204051@00203010@00301020

Wertezeilen Meßdaten:

VN000017@0000@999999@00000@000027@+47684881@+017966163@001240@
4@00

VN000017@0460@999999@00000@000009@+47684868@+017966078@001250@
4@00

VN000017@0460@000012@00000@000016@+47684851@+017966013@001250@
4@00

VN000017@0460@000011@00000@000037@+47684836@+017965944@001250@
4@00

VN000017@0460@000059@00350@000119@+47684823@+017965893@001250@
4@00

...

VN000017@0460@000845@03950@002051@+47685010@+017965964@001220@
4@00

VN000017@0460@000736@04150@001795@+47684973@+017965981@001220@
4@00

Erklärung der letzten Meßdatenzeile:

4,60 m Schnittbreite @ 7.36 t/ha feuchter Ertrag/ha @

41,5% Feuchte @ 17,95 kg feuchter Ertrag @

47,684973° nördliche Breite @ 17,965981° östliche Länge @

122 m Höhe über N.N. @ Qualität 4 @ Marke 0

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

Definitionszeile Summendaten:

DN000017@00007062@00008072@00009072

Wertezeile Summendaten:

VN000017@000234@0000426@0002702

Erklärung:

Jobzeit 2,34h @ 4,26ha @ 27,02t

Definitionszeile Summendaten:

DN000017@00011073@00012052@00015010@00014071

Wertezeile Summendaten:

VN000017@0068344@02881@7@0000202

Erklärung:

68,344 kg/hl Korndichte @ 28,81% Kornfeuchte @ Korntypindex 7 @
Kornkalibrierungsfaktor 20,2

Ende der Datei:

EN

ZN

2.3.2.2. „AGRO-MAP Basic“-Format

2.3.2.2.1. Dateitypen

Analog zur RDS-Software dienen auch im GIS von Agrocom Dateiendungen zur Identifikation des Inhaltes. Im „AGRO-MAP Basic“-Produkt existieren folgende Dateiendungen (AGRO-MAP Basic File Structure, 1999):

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

Dateiendung	Bedeutung
AFT	Ernte- und Feuchtigkeitsmeßwerte
ANL	Meßwerte mit Analyseergebnissen
EXP	Exportdatei für Steuerdaten, Grenzlinien, Bodenprobenpläne oder Markierungsdaten
FLG	Markierungsdaten eines Feldes
GRN	Grenzlinien eines Feldes
MWK	Ernterasterdaten oder Applikationskarte

Tabelle 4: Dateiendungen im Agrocom-System

Eine weitere Funktion der verschiedenen Dateitypen ist ein Datenaustausch zwischen verschiedenen Programmen im Agrocom-Softwarepaket. Die beiden Hauptprogramme sind „AGRO-MAP Order“ für Planung und Management und „AGRO-MAP Basic“ für die Erstellung von Karten (Abbildung 10).

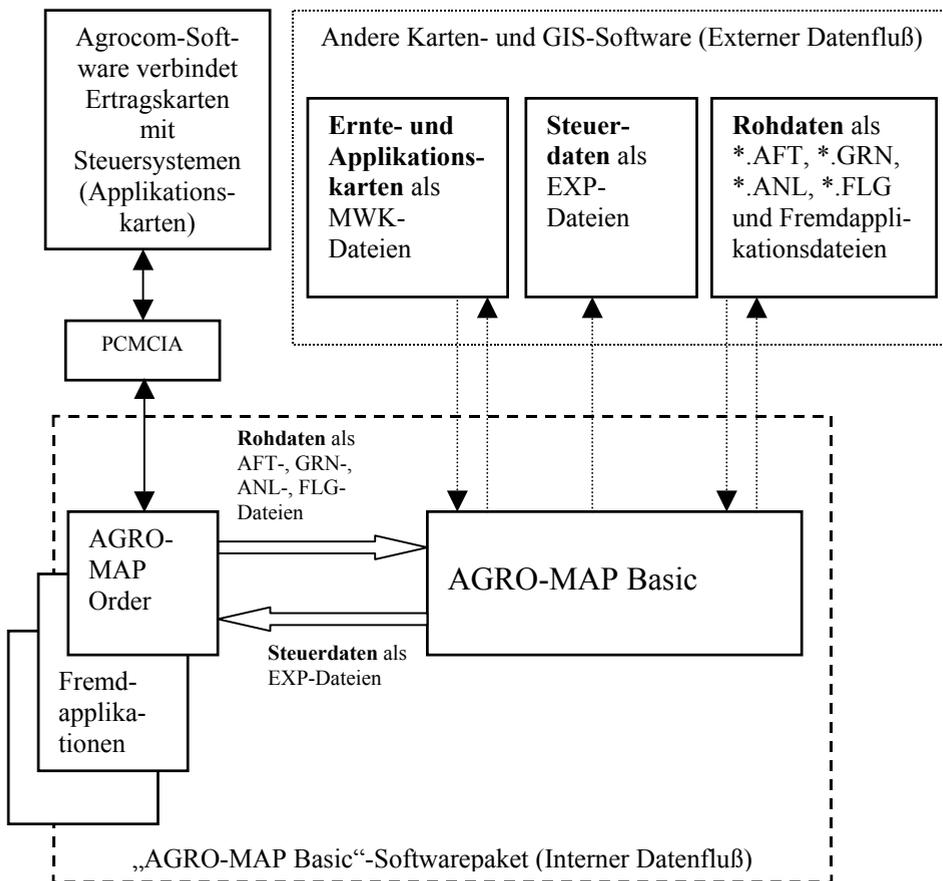


Abbildung 10: Struktur der Agrocom-Software

Mit Hilfe von „AGRO-MAP Order“ können Applikationskarten berechnet werden, die anschließend in Speicherkarten von verschiedenen Bordcomputern (z.B. ACT, CEBIS) überspielt werden. „AGRO-MAP Order“ erlaubt auch das Auslesen von Speicherkarten und übergibt z.B. die Ernterohdaten weiter an „AGRO-MAP Basic“ zur Erstellung von Ertragskarten. Die Rohdaten können auch von fremden Applikationen verwendet werden, falls ihnen das Datenformat bekannt ist. An dieser

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

Stelle sind Ähnlichkeiten zur RDS-Software festzustellen. Jeder Hersteller legt ein eigenes Format fest, dessen Aufbau und Syntax er für Fremdapplikationen offenlegt.

2.3.2.2.2. Dateistruktur

Ähnlich wie die RDS-Daten sind auch die AGRO-MAP-Daten als Vektordaten in Form von aufeinander folgenden Datensätzen strukturiert. Ein Datensatz beinhaltet eine Reihe von Meßwerten, die durch Kommata getrennt sind.

Der Aufbau von AGRO-MAP-Dateien ist folgender:

1. Headerdaten
2. Meßdaten

In den nächsten beiden Abschnitten soll die Struktur einer AFT- und einer MWK-Datei erläutert werden.

2.3.2.2.3. Auswertung einer AFT-Datei

AFT-Dateien beinhalten Informationen, die von der Erntemaschine erfaßt werden. Neben dem Ertrag werden die Kornfeuchte, die Zeit der Erfassung und die GPS-Daten gespeichert.

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

AFT-Dateien können außerdem zur Aufzeichnung von Applikationsdaten, wie z.B. von Düngemittelverbrauch eingesetzt werden. Für diesen Fall lassen sich die Namen der Datenspalten im Dateiheder festlegen.

2.3.2.2.3.1. Definition des AFT-Dateiheder

```
AGRO-MAP.AFT,VERSION 01.04,01,<order number>,<name>,<field>,  
<crop>,<driver>,<machine>,nein,;;yield;;;;;;moisture;;  
<file opened flag>,<field number>,
```

Alle Elemente des Dateiheders sind durch Kommata getrennt. Das Element `;;yield;;;;;;moisture;` ist in einem Block definiert und legt die Bezeichnung der einzelnen Datenspalten fest, die in den Meßdaten vorkommen. Der Inhalt des Dateiheders ist im OEM-Format und nicht im Windows-ANSI-Format definiert. Da auch die Agrocom-Dateien nur Zeichen im ASCII-Format einsetzen, können diese durch jedes Textprogramm gelesen werden.

Erklärung der einzelnen Hederelemente:

AGRO-MAP.AFT,VERSION 01.04,01 (01 = AFT-Dateiheder, 04 =
Formatrevisionsnr.)

<order number>	Ordnungsnummer für "AGRO-MAP Order"
<name>	Name der Farm oder des Nutzers
<field>	Feldname
<crop>	Art der Ernte

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

<driver>	Name des Fahrers
<machine>	Name der Erntemaschine
nein	Fester Bezeichner
::yield;;;;;;;;;moisture;	Fester Block zur Beschreibung der Datenspalten
1	Datei nicht geöffnet: 1; Datei geöffnet: 0
<field number>	Nummer des Feldes

Beispiel eines Dateiheders:

```
AGRO-MAP.AFT,VERSION 01.03,01,  
0,,,,,nein,::yield;;;;;;;;;moisture;;,0,
```

2.3.2.2.3.2. Definition der AFT-Meßdaten

Die Meßdaten einer AFT-Datei bestehen wie beim RDS-System aus mehreren Datenreihen, wobei eine Datenreihe folgendermaßen definiert ist:

<data line >: <latitude>,<longitide>,<yield>,<UTC>,<speed>,
<heading>,<age of data>,<used satellites>,<GPS_Status>,
<date>,<moisture>,<delimiter>[CR][LF]

Erklärung der einzelnen Datenelemente:

<latitude> N|S<FN> WGS 84 in dezimaler Graddarstellung

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

	mit <FN> als Gleitkommazahl
<longitude>	E W<FN> WGS 84 in dezimaler Graddarstellung mit <FN> als Gleitkommazahl
<yield>	Ertrag in t/ha (##0.0#)
<local time>	Zeitstempel, max. 7 Stellen im ASCII-Format (0hhmmss)
<speed>	Geschwindigkeit des Fahrzeuges in km/h (#0.0#)
<heading>	Heading, GPS-Information, Dezimalzahl im ASCII-Format
<age of data>	Alter der Daten, GPS-Information, Dezimalzahl im ASCII-Format
<used satellites>	Anzahl der empfangenen Satelliten, GPS- Information, Dezimalzahl im ASCII-Format
<GPS_Status>	GPS-Qualität, GPS-Information, maximal 4stellige Dezimalzahl im ASCII-Format
<date>	<dd>.<mm>.<yy>
<moisture>	Kornfeuchte in %, dd.d ohne führende Null
<delimiter>	Trennzeichen für die einzelnen Daten in dieser Datenreihe (“,” für alle Datensätze bis auf den letzten, dort “;”)

Beispiel Datenreihen:

```
N47.82413,E017.20119,06.071,0071406,02.8,000,01,6,2,15.07.00,  
17.8,  
N47.82411,E017.20115,05.947,0071411,03.3,000,01,6,2,15.07.00,  
17.8,  
N47.82409,E017.20111,06.049,0071416,03.3,000,01,6,2,15.07.00,  
17.8,
```

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

```
N47.82407,E017.20106,05.892,0071421,01.5,000,01,6,2,15.07.00,  
17.8,  
N47.82404,E017.20100,05.810,0071427,02.8,000,01,6,2,15.07.00,  
17.8,  
N47.82403,E017.20098,12.088,0071432,03.4,000,01,6,2,15.07.00,  
17.8,  
...  
N47.82401,E017.20093,05.930,0071438,03.4,000,01,6,2,15.07.00,  
17.8;
```

Erklärung der letzten Datenreihe:

47,82401° nördliche Breite, 17,20093° östliche Länge,
Ertrag: 5,93 t/ha, Zeitstempel: 07:14:38, Geschwindigkeit: 3,4 km/h,
Heading: 0, Alter der Daten: 1, Anzahl der empfangenen Satelliten: 6,
GPS-Qualität: 2, Datum: 15.07.00, Kornfeuchte: 17,8%

2.3.2.2.4. Auswertung einer MWK-Datei

MWK-Dateien dienen in der Agrocom-Software als Import- und Exportformat für Oberflächenkarten mit Gitterstruktur. Das MWK-Format kann dazu verwendet werden, Meßwerte in fremde Applikationen zu übertragen, falls diese das MWK-Format interpretieren können.

2.3.2.2.4.1. Definition des MWK-Dateiheader

```
AGRO-MAP.AFT,VERSION 05.04,01,<order number>,<name>,<field>,  
<crop>,<driver>,<machine>,<nein> ;;Object name;;  
<file opened flag>,<field number>,
```

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

Alle Elemente des Dateiheders sind durch Kommata getrennt. Der Inhalt des Dateiheders ist im OEM-Format und nicht im Windows-ANSI-Format definiert.

Erklärung der einzelnen Headerelemente:

AGRO-MAP.AFT,VERSION 05.04,01 (05 = MWK-Dateiheader, 04 = Formatrevisionsnr.)

<order number>	Ordnungsnummer für "AGRO-MAP Order"
<name>	Name der Farm oder des Nutzers
<field>	Feldname
<crop>	Art der Ernte
<driver>	Name des Fahrers
<machine>	Name der Erntemaschine
nein	Fester Bezeichner
:::yield::;	Fester Block zur Beschreibung der Datenspalte
1	Datei nicht geöffnet: 1; Datei geöffnet: 0
<field number>	Nummer des Feldes

Beispiel eines Dateiheders:

```
AGRO-MAP.AFT,VERSION 05.04,01,1,,,Spot Yld/Area(T/Ha) Wet,,,  
NEIN,;;Spot Yld/Area(T/Ha) Wet;,0,0,
```

2.3.2.2.4.2. Definition der MWK-Meßdaten

Die Meßdaten einer MWK-Datei bestehen wie beim AFT-Format aus mehreren Datenreihen, wobei eine Datenreihe folgendermaßen definiert ist:

<data line >: <latitude>,<longitude>,<value>,<grid cell length>
[CR][LF]

Erklärung der einzelnen Datenelemente:

<latitude>	N S<FN> WGS 84 in dezimaler Graddarstellung mit <FN> als Gleitkommazahl
<longitude>	E W<FN> WGS 84 in dezimaler Graddarstellung mit <FN> als Gleitkommazahl
<value>	Meßwert
< grid cell length>	Zellengröße in Metern

Beispiel Datenreihen:

```
N47.683013,E017.958214,0001.12,20,  
N47.683045,E017.958194,0000.14,20,  
N47.683093,E017.958164,0000.60,20,  
N47.683139,E017.958136,0002.34,20,  
N47.683188,E017.958109,0004.53,20,  
N47.683236,E017.958083,0005.20,20,  
...  
N47.684973,E017.965981,0007.36,20,
```

Erklärung der letzten Datenreihe:

47,684973° nördliche Breite, 17,965981° östliche Länge,

Ertrag: 7,36 t/ha, Zellengröße: 20 m

2.4. INTERPOLATION VON DATEN

Meßwertkarten spielen in der Präzisionslandwirtschaft eine wichtige Rolle. So kann z.B. mit Hilfe einer Ertragskarte ermittelt werden, welche Feldbereiche eine niedrige Ernte erbracht haben. Für die Berechnung einer Meßwertkarte müssen Meßwerte, auch Rohdaten genannt, während eines landwirtschaftlichen Arbeitsvorganges kontinuierlich gesammelt und gespeichert werden. Zusätzlich wird zu jedem Meßwert die GPS-Position innerhalb des Feldes aufgezeichnet. Eine Meßwertkarte wird aus den Rohdaten interpoliert und enthält Isolinien, das sind Linien gleichen Wertes. Durch Einfärben der Flächen zwischen zwei Konturlinien können Variabilitäten innerhalb eines Feldes leicht sichtbar gemacht werden (Abbildung 11).

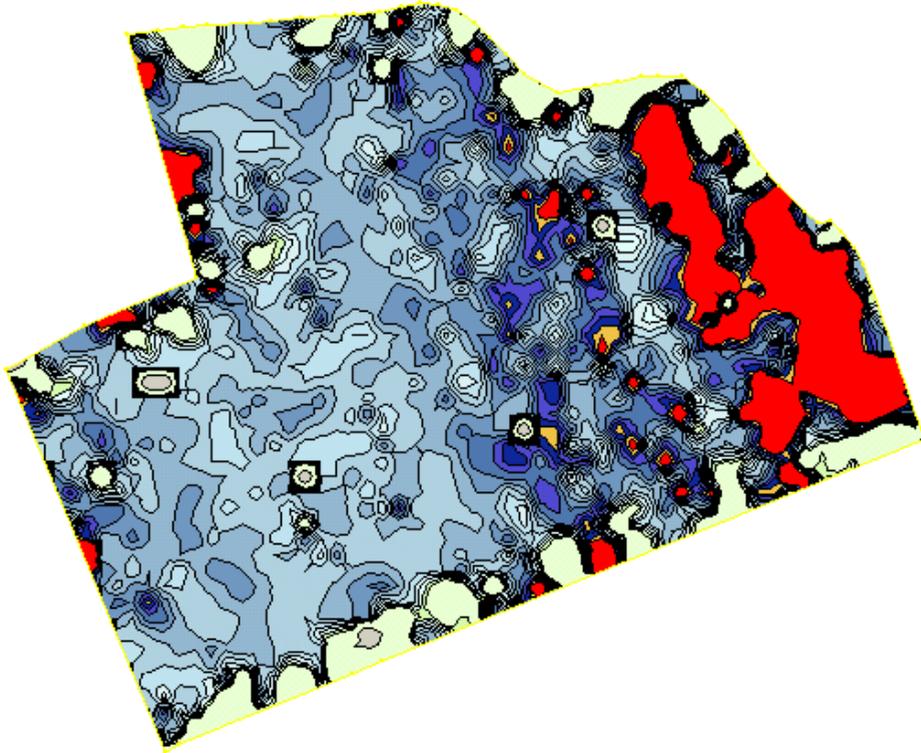


Abbildung 11: Konturkarte

Eine Isolinien­darstellung auf der Basis von reinen Rohdaten ist nicht möglich, da die Rohdaten nicht auf Isolinien liegen. Deshalb wird zur Anzeige von Isolinien eine Interpolation in einer feinen Gitterstruktur zwingend benötigt. Die Abbildung 9 zeigt das Prinzip der Interpolation.

Interpolationsverfahren erzeugen ein regelmäßiges Array von Meßwerten aus einer Sammlung von unregelmäßig verteilten Rohdatenpunkten. Bei den unregelmäßig verteilten Rohdaten, die keinem Muster folgen, kann es Bereiche geben, wo keine Daten existieren. Mögliche Gründe für diese Bereiche können starke Kursabweichungen des Fahrzeuges oder Fehler

in den Sensoren zur Aufnahme der Rohdaten sein. Durch Extrapolation können diese „Datenlöcher“ gefüllt werden. Mit der Interpolation hingegen werden Werte zwischen bereits abgesicherten Daten eingefügt (Berry, 1996b).

In einem Interpolationsprozeß wird ein Raster mit Zeilen und Spalten, bei denen jeweils die Abstände gleich sind, über die Rohdaten gelegt (Abbildung 9). Der Schnittpunkt zwischen einer Zeile und einer Spalte wird als Rasterpunkt bezeichnet. Mehrere Interpolationstechniken werden verwendet, um die Werte der Rasterpunkte zu berechnen. Die berechneten Rasterpunktwerte bilden zusammen eine Rasterdatei, welche die Grundlage einer Meßwertkarte bildet.

Die hergeleiteten Werte der Rasterpunkte werden durch eine Reihe von Methoden und Rasterparameter innerhalb der Interpolationssoftware reguliert. Unter Einsatz von einem bestimmten Interpolationsverfahren und verschiedenen Parametersätzen können aus dem gleichen Rohdatensatz leicht eine Anzahl von Meßwertkarten generiert werden, die unterschiedlich aussehen. Ein Beispiel zeigt Abbildung 12, bei der das Kriging-Verfahren mit zwei verschiedenen Parametersätzen verwendet wurde, um eine Ertragskarte zu berechnen. Beide Karten sind technisch korrekt, aber nur eine Lösung zeigt zufriedenstellend die Erntevariabilität innerhalb des Feldes.

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

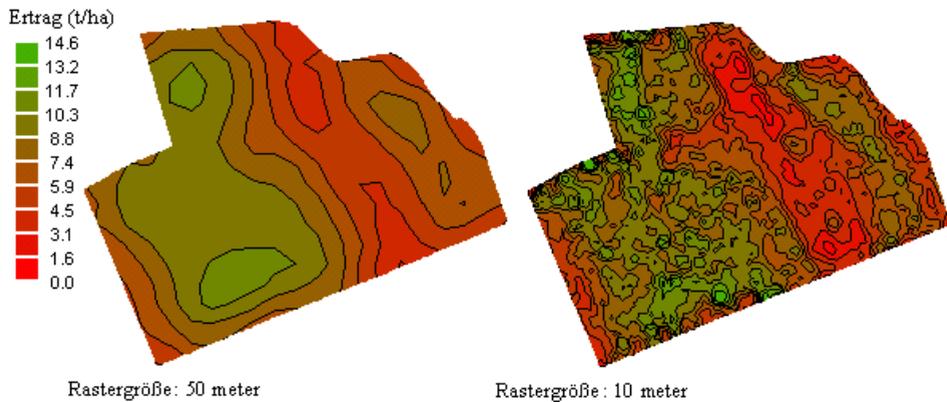


Abbildung 12: Zwei Möglichkeiten der Interpolation mit dem gleichen Rohdatensatz als Basis

Wenn das regelmäßige Raster berechnet und die Rasterdatei erzeugt worden ist, werden andere Techniken eingesetzt, um die interpolierten Daten zu präsentieren. Für Ertragskarten wird meistens die Konturkarte als Präsentationsmittel gewählt, wobei die verschiedenen Ertragsmengen mit Farben sichtbar gemacht werden.

Verlässliche Methoden für die Datenberechnung und -präsentation sind gleichermaßen von Wichtigkeit, um eine akkurate Datensammlung zu erhalten. Während der kontinuierlichen Aufnahme von Meßdaten werden Glättungsfunktionen verwendet, um Trends in den Daten auf z.B. einem Erntemonitor darzustellen. Die Dateninterpolation muß dabei einen Kompromiß zwischen der Glättung der Rohdaten zum Anzeigen von Trends und der Präsentation der Haupteigenschaften der Rohdaten schließen.

2.4.1. Interpolationsparameter

Für jeden Interpolationsprozeß müssen eine Anzahl von Parametern spezifiziert werden, um die Grenzen der Daten während des Interpolationsprozesses zu kontrollieren. Allen Interpolationsverfahren gemeinsam sind die Rastergröße und die Suchregeln (Abbildung 13).

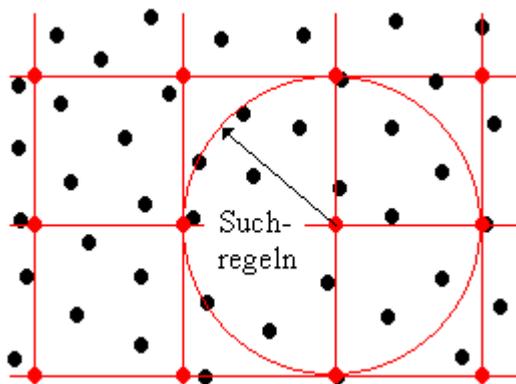


Abbildung 13: Festlegen von Interpolationsparametern zur Erzeugung einer Rasterdatei

2.4.1.1. Rastergröße

Die Rastergröße oder -dichte impliziert die Anzahl der Zeilen und Spalten, die über die Rohdaten gelegt werden. Bei jedem Schnittpunkt wird ein Rasterpunkt geschaffen, dessen Wert durch das jeweilige Interpolationsverfahren berechnet wird.

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

Eine Erhöhung der Rastergröße resultiert in eine stärkere Glättung der Isolinien. Durch eine Vergrößerung der Anzahl der Rasterpunkte wird nicht nur die Interpolationszeit proportional erhöht, sondern auch die Zeit für das Zeichnen der Konturkarten und die Größe der Rasterdatei.

2.4.1.2. Suchregeln

Die Suchregeln definieren, auf welche Art und Weise das Interpolationsverfahren Rohdaten während der Berechnung der Rasterpunkte finden soll. Durch diese Regeln wird die Anzahl der Rohdatenpunkte eingeschränkt, die in den Interpolationsprozeß für jeden Rasterpunkt einfließen.

Hierfür müssen eine Reihe von Parametern spezifiziert werden: Suchradius, Suchtyp und die Anzahl der für eine Suche berücksichtigten Rohdatenpunkte.

Der Suchradius definiert die lokale Nachbarschaft der Rohdatenpunkte, die für die Interpolation eines Rasterpunktes verwendet wird. Zum Beispiel werden bei einem Suchradius von 10 m alle Rohdatenpunkte im Umkreis von 10 m um den zu berechnenden Rasterpunkt berücksichtigt. Der Suchtyp schreibt dem Interpolationsverfahren vor, wie es die vom Suchradius eingeschlossenen Rohdatenpunkte bei der Rasterpunktbe-rechnung einbezieht.

Für den Suchtyp gibt es vier Möglichkeiten:

1. **Alle Daten:** Alle Daten haben einen Einfluß auf den berechneten Wert eines Rasterpunktes. Für diesen Typ ist kein Suchradius notwendig.
2. **Einfache Suche:** Bei der einfachen Suche werden nur diejenigen Rohdatenpunkte innerhalb des Suchradius verwendet, die dem Rasterpunkt am nächsten liegen. Die Anzahl der zu berücksichtigenden Rohdatenpunkte wird separat definiert.
3. **Quadrantsuche:** Die Quadrantsuche unterteilt den Suchradius in vier gleich große Sektoren und findet die dem Mittelpunkt am dichtesten gelegenen Rohdatenpunkte für jeden einzelnen Sektor (Abbildung 14).
4. **Oktantsuche:** Der Suchradius wird in acht gleich große Sektoren gegliedert. Die Suche verläuft analog zur Quadrantsuche.

Schließlich muß die Anzahl der Rohdatenpunkte festgelegt werden, die während eines Interpolationsprozesses zur Berechnung des Wertes eines Rasterpunktes verwendet wird. Eine maximale und eine minimale Grenze können gesetzt werden um sicherzustellen, daß eine repräsentative Anzahl an Rohdatenpunkten für die Berechnung einbezogen wird.

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

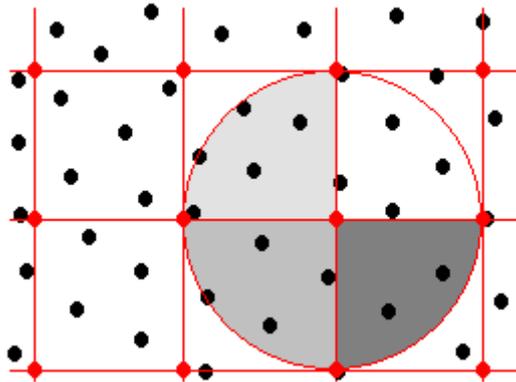


Abbildung 14: Quadrantsuche – Einbeziehung der dem Mittelpunkt am nächsten gelegenen Rohdatenpunkte in den Interpolationsprozeß

2.4.2. Interpolationskategorien

Interpolationsverfahren können in zwei generelle Kategorien unterteilt werden:

- Exakte Interpolatoren
- Glättende Interpolatoren

Exakte Interpolatoren verwenden für einen Rasterpunkt nur den exakten Wert eines Rohdatenpunktes. Aus diesem Grund findet keine Interpolationsberechnung am Rasterpunkt statt und auch benachbarte Rohdatenpunkte haben keinen Einfluß auf den gewählten Wert eines Rasterpunktes.

Glättende Interpolatoren sind besonders gut geeignet, wenn die zur Verfügung stehenden Rohdaten von ihrer Qualität und Genauigkeit nicht sicher sind. Dieser Interpolationstyp reduziert kleine Abweichungen zwischen benachbarten Rohdatenpunkten (Akima, 1978; Berry, 1996).

2.4.3. Vorstellung und Bewertung verschiedener Interpolationsverfahren

In der Präzisionslandwirtschaft werden im allgemeinen die vier folgenden Interpolationsverfahren eingesetzt (Maniak, 2002/2003a):

- Nächster Nachbar
- Lokaler Mittelwert
- Inverse Distanz
- Kriging

Die verschiedenen Interpolationsverfahren stellen unterschiedliche Interpretationen des Rohdatensatzes zur Verfügung, da jedes Verfahren zur Berechnung eines Rasterpunktwertes einen unterschiedlichen Algorithmus verwendet.

Die „Nächster Nachbar“-Interpolation ist wahrscheinlich das einfachste Verfahren. Nur der dichteste Rohdatenpunkt zu einem Rasterpunkt wird für die Bestimmung des Rasterpunktwertes eingesetzt. Der Rasterpunktwert erhält den Wert des dichtesten Rohdatenpunktes. Der „Nächster

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

Nachbar“-Interpolator ist daher ein exakter Interpolator. Das Verfahren ist nützlich zur Konvertierung von räumlich regelmäßig verteilten Rohdaten in eine Rasterdatei oder zum Füllen von Datenlöchern, wenn die Rohdatenpunkte fast schon auf den Rasterpunkten liegen. Außerdem wird dieses Verfahren in den Fällen bevorzugt, in denen ein exakter Wert und kein interpolierter gebraucht wird.

Bei der „Lokaler Mittelwert“-Interpolation wird der Wert jedes Rasterpunktes einfach aus dem Mittelwert der ausgewählten Rohdatenpunkte, die um den Rasterpunkt liegen, berechnet. Falls ein großer Suchradius gewählt wird und es nur vereinzelt Rohdatenpunkte gibt, führt dieses Interpolationsverfahren zu einer Glättung von lokalen Variabilitäten innerhalb des Feldes. Der „Lokale Mittelwert“-Interpolator ist sowohl ein exakter als auch ein glättender Interpolator. Sein Verhalten hängt von der Größe des Suchradius und der Rohdatendichte ab. Das Verfahren ist relativ schnell und erfordert nur eine geringe Computerspeicherkapazität.

Das „Inverse Distanz“-Verfahren ist mit der „Lokaler Mittelwert“-Interpolation vergleichbar. Der Unterschied besteht darin, daß diejenigen Rohdatenpunkte, die dichter am Rasterpunkt liegen, einen stärkeren Einfluß auf den Wert des Rasterpunktes während der Berechnung haben. In Abbildung 15 wird der Rohdatenpunkt „1“ stärker bei der Interpolation gewichtet als der Rohdatenpunkt „2“.

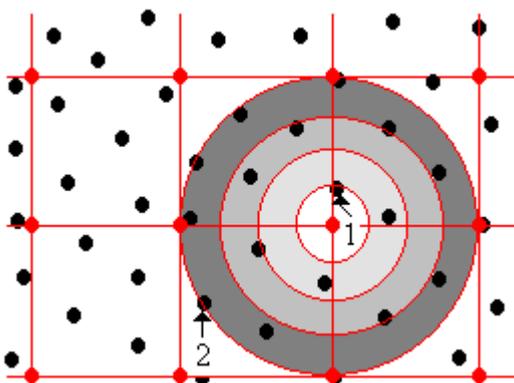


Abbildung 15: Inverse Distanz – Einfluß der Rohdatenpunkte

Das „Inverse Distanz“-Verfahren ist ein glättender Interpolator. Er arbeitet schnell, hat aber die Tendenz, sogenannte „bull’s eye“-Muster in Form von konzentrischen Konturen um Rohdatenpunkte zu erzeugen. Diese Muster entstehen aufgrund der Art der Datensummierung um einen Rasterpunkt. Es kommt hinzu, daß Rohdatenpunkte proportional zur Entfernung eine geringere Wirkung auf die Interpolation eines Rasterpunktwertes haben. Aus diesem Grund haben dichte Rohdatenpunkte einen sehr starken Einfluß auf den Rasterpunkt, wodurch die Entstehung von „bull’s eye“-Mustern begünstigt wird (Abbildung 16).

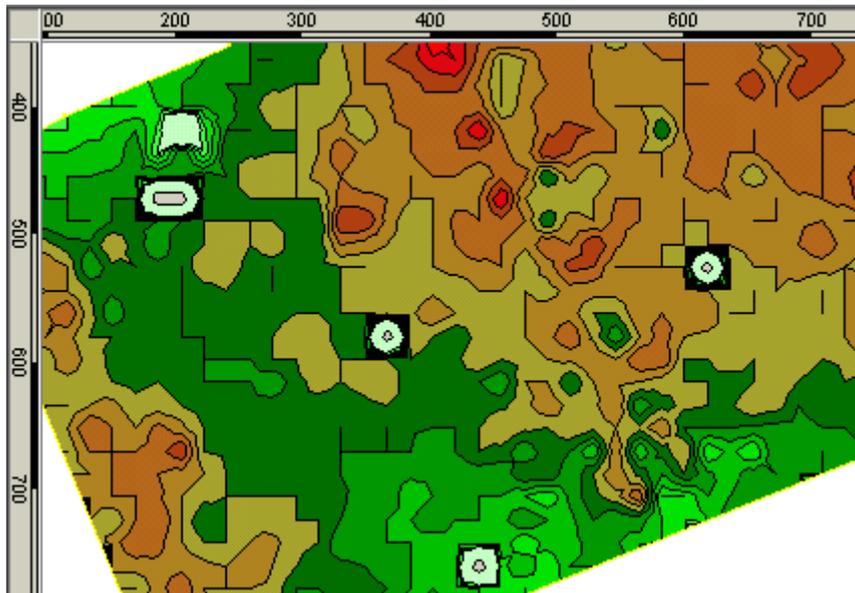


Abbildung 16: Inverse Distanz – „bull’s eye“-Muster

Das Kriging-Verfahren ist wahrscheinlich das komplexeste Interpolationsverfahren, das in der Präzisionslandwirtschaft zum Einsatz kommt. Es beinhaltet zwei Schritte. Als erstes wird eine Schätzung der Variabilität innerhalb der Rohdaten durchgeführt. Dies können die Ernte, Bodennährstoffe oder eine andere Variable sein, die gemessen wurde. Mit Hilfe des Kriging-Verfahrens wird bestimmt, wie schnell sich diese Variable räumlich innerhalb des Feldes ändert. Im zweiten Schritt werden die Daten unter Verwendung der gleichen Prinzipien wie bei den anderen Verfahren interpoliert. Die beim Kriging-Verfahren zusätzlich einfließenden Messungen der Variabilität gewährleisten eine bessere Interpolation (Berry, 1996a; Gotway et al., 1996).

Es gibt drei Faktoren, die während der ersten Phase des Kriging-Verfahrens eine Rolle spielen:

- Variogramm-Modell mit Nugget-Effekt
- Drifttyp
- Anisotropie

Das Variogramm ist ein mathematisches Modell zur Beschreibung der räumlichen Variabilität der Rohdaten innerhalb eines Feldes und wird zur Berechnung des Rasters eingesetzt. Folgende Formel dient zur Berechnung der Varianzen jedes Punktpaares des Rohdatensatzes:

$$v(h) = \frac{1}{2} E [(Z(x+h) - Z(x)) ^ 2] \quad (1)$$

E stellt den Erwartungswert und Z die zu interpolierende Zufallsvariable dar. Die resultierenden Varianzen v werden für jedes Punktpaar gegen die Punktentfernung h graphisch aufgetragen und ergeben so das Variogramm (Abbildung 17).

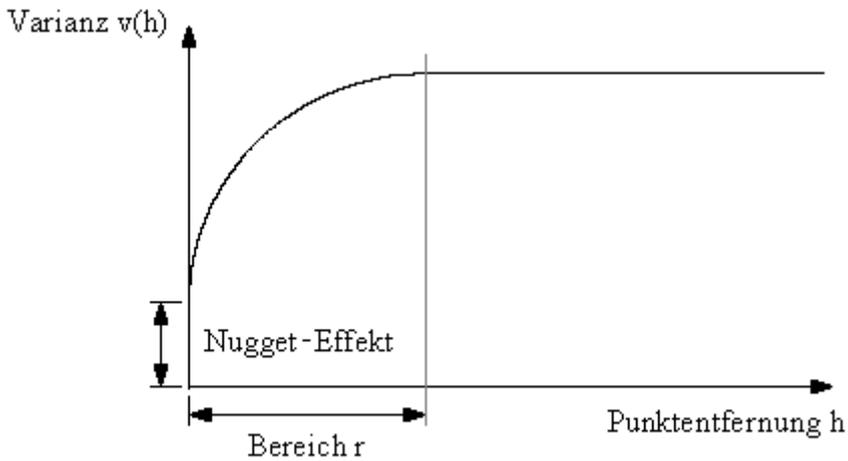


Abbildung 17: Kriging – Variogramm-Modell

Der Bereich r in Abbildung 17 gibt an, wie schnell sich die gemessene Variable innerhalb des Feldes ändert. Er kann für die Extrapolation von Rasterbereichen eingesetzt werden, wo keine Rohdaten vorhanden sind.

Der Nugget-Effekt stellt eine Unstetigkeitsstelle am Ursprung des Variogramms dar. Dieser Effekt sorgt für eine Glättung von potentiell fehlerhaften Daten. Er repräsentiert einen wiederholbaren Fehler innerhalb der Rohdaten.

Mit Hilfe des Drifttypes läßt sich der Mittelwert der Rohdaten berücksichtigen. Wenn es keinen konstanten Mittelwert, sondern einen Trend (drift) in den Daten gibt, so kann dieser mittels linearer Regression angenähert und aus den Daten herausgerechnet werden.

Die Anisotropie beschreibt das Verhalten des Variogramms für verschiedene Richtungen der Punktentfernung h . Unter Berücksichtigung der Anisotropie kann das Kriging-Verfahren Rohdatenpunkte in einer

bestimmten Richtung stärker gewichten als Rohdatenpunkte in anderen Richtungen.

Das Kriging-Verfahren ist besonders gut für die Extrapolation von datenleeren Rasterbereichen geeignet, da die Variabilität der Rohdaten vor der Extrapolation in einem separaten Arbeitsschritt bestimmt wird. Die Kriging-Interpolation stellt eines der flexibelsten Verfahren dar und ist für die Interpolation und Extrapolation von fast jeder Art von Daten geeignet. Für sehr große Rohdatensätze kann das Verfahren verhältnismäßig langsam sein, wenn eine hohe Rasterdichte gefordert ist (Moore, 1997; Kravchenko et al., 1998).

3. MATERIAL UND METHODEN

3.1. 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 (Maniak, 2001).

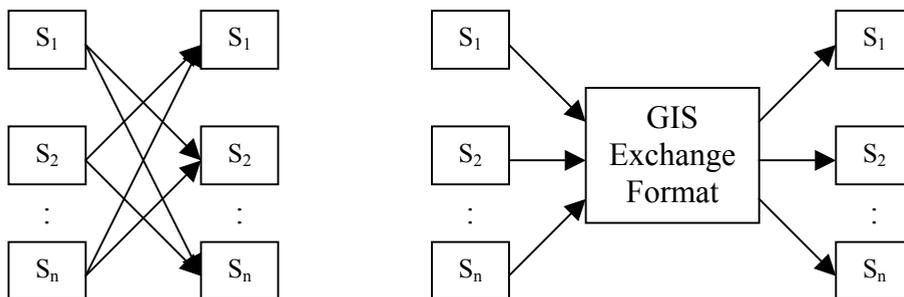


Abbildung 18: Aufwand von Import- und Exportfiltern

Ohne ein einheitliches Datenaustauschformat würde der Aufwand exp 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 nur noch linear:

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

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

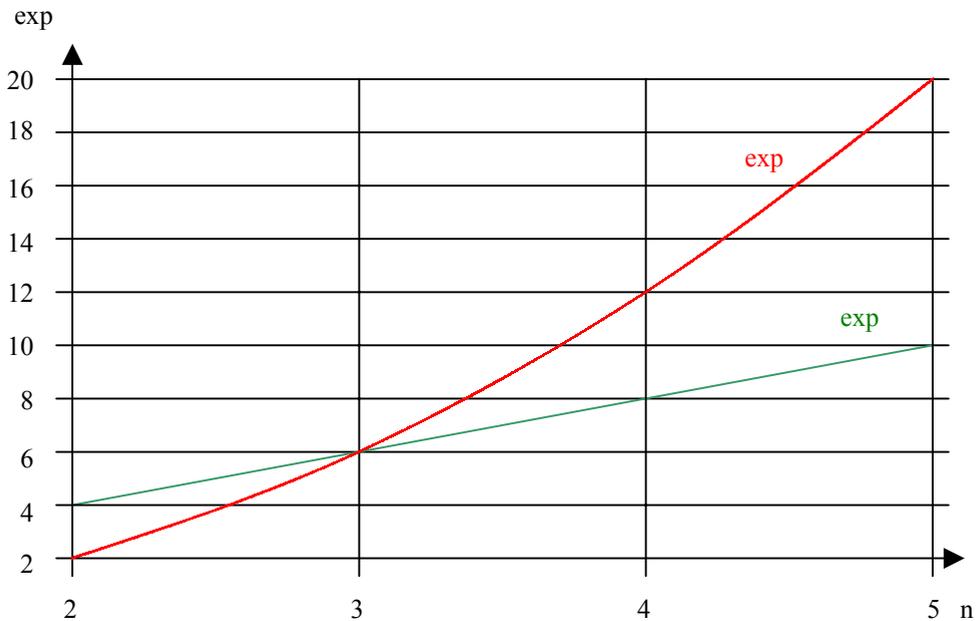


Abbildung 19: Quadratischer und linearer Aufwand

Wie die Abbildung 19 zeigt, lohnt sich ab einer Anzahl von drei Systemen der Einsatz des GIS Exchange Format.

3.1.1. 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

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

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 20 dargestellt. `<GISEXF></GISEXF>` bilden den Container für die Austauschdaten. Im Header steht die Herkunft der Daten: Company, Software, Version, Date, Time. 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 Einträge im Header läßt sich beliebig erweitern, z.B. lassen sich leicht neue Datenspalten einfügen. Im Anschluß an den Headerblock folgen die Datenreihen.

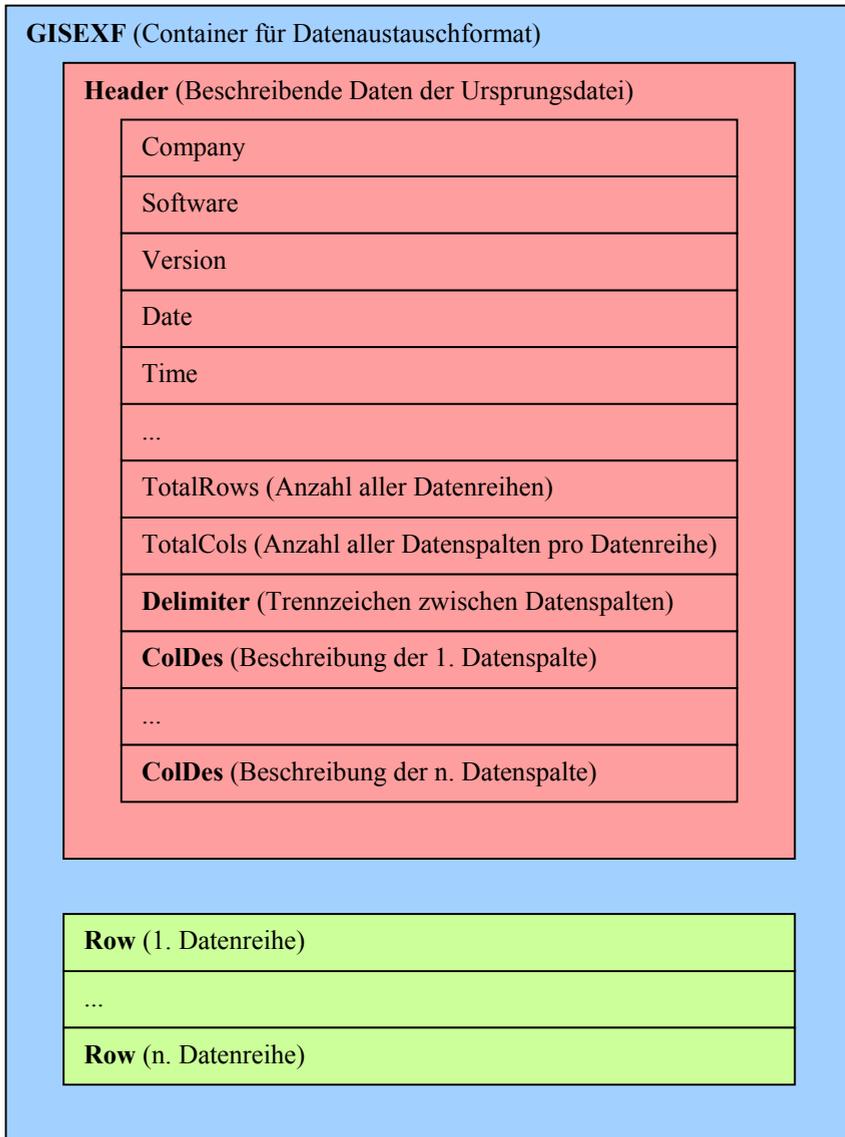


Abbildung 20: Struktur des GIS Exchange Format

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

Damit ein Austausch von GIS-Daten über das GIS Exchange Format möglich wird, muß eine Anzahl von Pflichtfeldern existieren. Ansonsten würde es kein einheitliches Format geben.

Die Pflichtfelder bzw. Tags im Datenaustauschformat GISEXF sind:

- GISEXF
- Header
 - Delimiter
 - ColDes
- Row

Große Informationssysteme, die mehr Informationen als die Pflichtfelder zur Verfügung stellen, können mit anderen großen Systemen, aber auch mit allen kleinen Systemen kommunizieren, die die Minimalanforderung des Datenaustauschformates erfüllen. Neben den eigentlichen Datenreihen mit einer GPS-Position gehören das Trennzeichen zur Separation der Datenspalten und die Beschreibung der Datenspalten zur Minimalanforderung.

Für diese Arbeit wurde das Datenaustauschformat GISEXF anhand eines RDS/Agrocom-Systems implementiert und später auch in einem vom Autor entwickelten GPS-System integriert (siehe Abschnitt 3.3). Die Implementierung des Datenaustauschmodules wird im Abschnitt 3.2 ausführlich beschrieben.

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

3.1.2. 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.

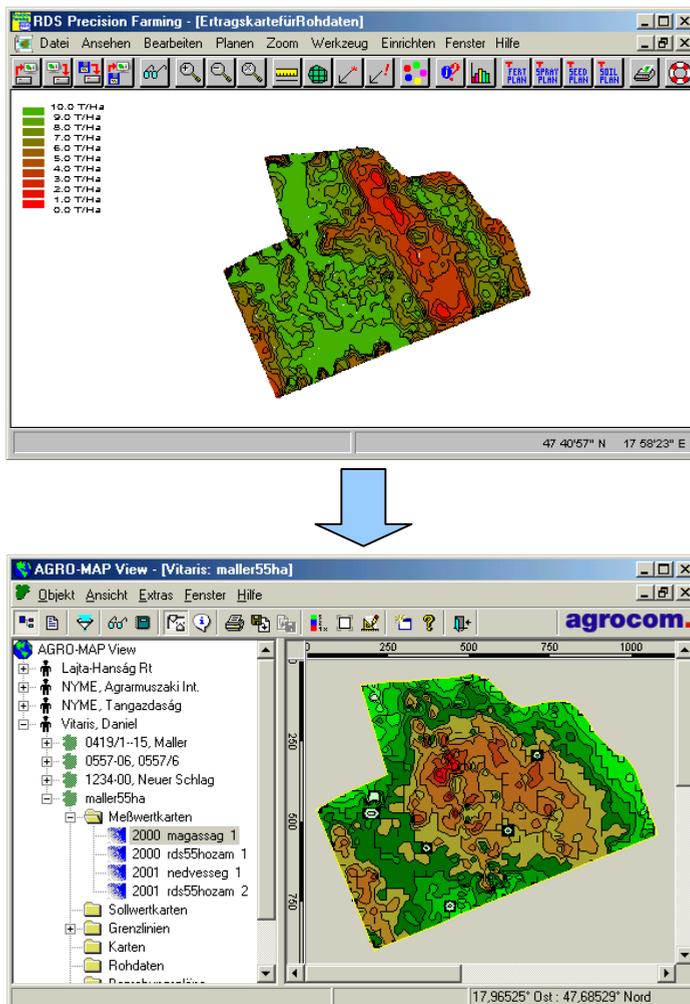


Abbildung 21: GIS-Datenaustausch zwischen dem RDS- und dem Agrocom-System

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

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@ NG406-543@
20001009@154623
DN000017@00101073@00102073@00103073@00104073@00105073@00106073
VN000017@0001000@0001000@00009115@00000000@00000000@0012000
DN000017@00107073@00108073@00109073@00110073@00111073@00112073
VN000017@00000000@00000000@00000000@00000000@00000000
DN000017@00006042@00016062@00012052@00017065@00201096@00202106@00
204051@00203010@00301020
VN000017@0460@000012@000000@000016@+47684851@+017966013@001250@
4@00
VN000017@0460@000011@000000@000037@+47684836@+017965944@001250@
4@00
...
VN000017@0460@000736@04150@001795@+47684973@+017965981@001220@
4@00
DN000017@00007062@00008072@00009072
VN000017@000234@0000426@0002702
DN000017@00011073@00012052@00015010@00014071
VN000017@0068344@02881@7@0000202
EN
ZN
```

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> NG406-543</Version>
    <Date>20001009</Date>
    <Time>154623</Time>
    <TotalRows>245</TotalRows>
    <TotalCols>9</TotalCols>
    <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 (ø)</ColDes>
    <ColDes>Longitude (ø)</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@0000.00@0000.16@+47.684851@+017.966013@
  00125.0@4@00
</Row>
  <Row>04.60@0000.11@0000.00@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>
```

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

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,
N47.684851,E017.966013,00.12,0154623,000,000,01,6,2,09.10.00,
00.0,
N47.684836,E017.965944,00.11,0154623,000,000,01,6,2,09.10.00,
00.0,
...
N47.684973,E017.965981,07.36,0154623,000,000,01,6,2,09.10.00,
41.5,
```

Eine beispielhafte Implementierung für ein Datenaustauschmodul wird im folgenden Kapitel beschrieben.

3.1.3. Verwendung von GIS-Operatoren

Neben einem einfachen Import- und Exportfilter können auch komfortablere Operatoren eingesetzt werden, um die Konvertierung der GIS-Daten zu optimieren. Ein Operator kennt nicht nur das Datenformat und die Datenstruktur der GIS-Quelle, die sogenannten Metadaten. Er kann zusätzlich mit Nutzerdaten gefüttert werden, um die Daten besser an ein gemeinsames Zielformat anzupassen, indem zum Beispiel die Auflösung und die Lage der Daten optimiert werden. Aus diesem Grund kann ein einzelner Operator mehrere GIS-Operatoren, wie z.B. Interpolation,

Rotation, Blickwinkel usw. enthalten (Albrecht, 1996; Albrecht et al., 1997; Jung et al., 1998). Das Ziel ist eine exakte Überlappung aller Datenkarten, um ein bestmögliches Ergebnisbild zu erhalten (Abbildung 22).

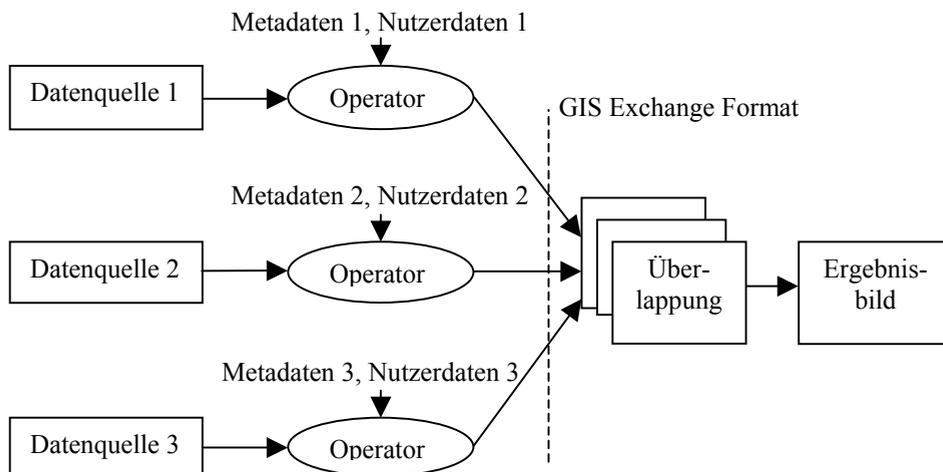


Abbildung 22: Konvertierung und Optimierung von GIS-Datenquellen

3.2. IMPLEMENTIERUNG EINES GIS-DATENAUSTAUSCH-MODULES

3.2.1. Design für Klassen des Austauschmodules

Im Kapitel 3.2 wurden die Datenformate der GIS-Produkte der beiden Hersteller RDS und Agrocom detailliert vorgestellt. Die Informationen über diese Datenformate und zu möglichen weiteren GIS-Formaten wurden beim Design des GIS-Datenaustauschmodules mit berücksichtigt. Einen Überblick über den Aufbau des GIS-Datenaustauschmodules zeigt die folgende Abbildung:

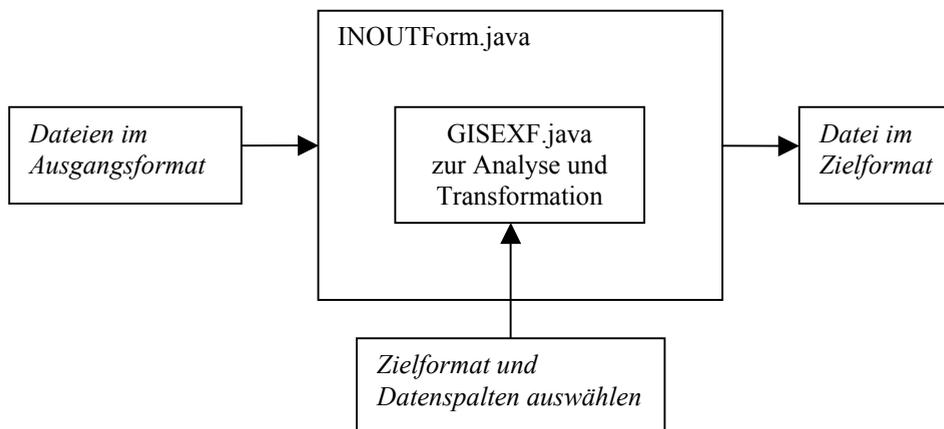


Abbildung 23: Übersicht über das GIS-Datenaustauschmodul

Den Kern bildet die Klasse GISEXF.java, in der die eigentliche Analyse und Transformation des Ausgangsformates in das Zielformat stattfindet.

Für die Nutzerinteraktion und für die Steuerung des GISEXF-Objektes ist die Klasse INOUTForm.java zuständig. Um Daten im Ursprungsformat, im Zielformat oder zur Analyse anzeigen zu können, wurde die Klasse Editor.java entwickelt. Im Editor können jegliche Daten auch geändert und gespeichert werden.

Um Daten vom Ausgangsformat in ein Zielformat zu überführen, sind mehrere Schritte nötig, die in Abbildung 24 grob skizziert sind.

Es soll zwischen einer Analyse- und einer Transformationsphase unterschieden werden. Der tatsächliche Ablauf innerhalb des Transformationsprogrammes ist noch etwas komplexer und soll hier aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht bis ins kleinste Detail erklärt werden.

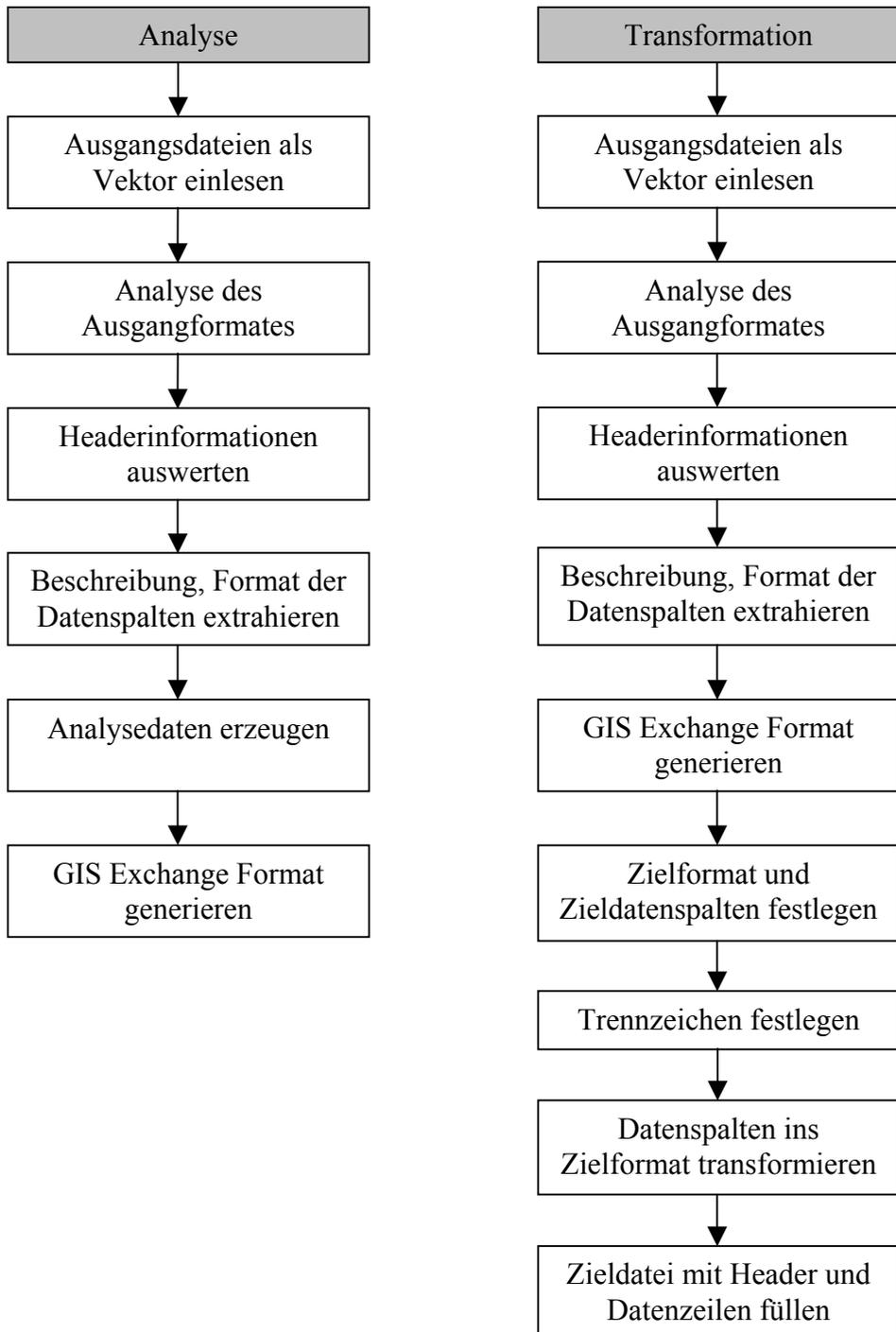


Abbildung 24: Analyse und Transformation von GIS-Daten

GISEXF liest die Quelldateien im Vektorformat ein. Das Quellformat wird durch die Analyse der ersten beiden Datenzeilen bestimmt. Das RDS-Format zeichnet sich durch den DH-Header und nachfolgende Parameter aus, die die Zeichenkette „RDS“ enthalten. Das Agrocom-Format wird durch die Zeichenkette „AGRO-MAP.AFT“ eingeleitet. Beim GIS Exchange Format beginnt die Datei mit „<GISEXF>“. Tabellen weisen keinen festen Dateianfang auf, lassen sich aber daran erkennen, daß in der ersten Zeile die Überschriften der Tabellenspalten stehen und ab der zweiten Zeile die Daten durch ein Trennzeichen in Spalten separiert werden.

Im nächsten Schritt werden die Headerinformationen der Ausgangsdateien ausgewertet und in einem Headervektor gespeichert. Dabei werden auch die Formate der einzelnen Datenspalten analysiert, was für eine spätere Transformation unerlässlich ist. Die Beschreibung der Datenspalten wird beim RDS-Format aus dem RDS-Datenlexikon ausgelesen (s. Anhang 12.1). Die Formate der Spalten sind genau spezifiziert. Beim Agrocom-Format läßt sich die Beschreibung der Datenspalten direkt aus den Headerinformationen extrahieren. Die Agrocom-Daten haben bereits ein lesbares Format, so daß keine Umrechnung nötig ist. Dies gilt auch für das GISEXF-Format und für Tabellen. Durch eine Analyse der Ausgangsdateien wird ein Auswahlfeld mit den einzelnen Datenspalten des Ausgangsformates gefüllt.

Im Anschluß an die Analysephase werden die Daten, wenn noch nicht vorhanden, in das GIS Exchange Format transferiert.

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

Nach Auswahl des Zielformates und Selektion der Zielspalten bestimmt das Programm die Trennzeichen für den Zieldatensatz. Die einzelnen Datenzeilen werden in die einzelnen Spalten zerlegt. Die ausgewählten Felder werden anschließend in das Zielformat mit Hilfe der Formatinformationen transformiert und in einem Ergebnisvektor gespeichert.

Der letzte Schritt ist die Erzeugung der Zieldatei. Dazu werden je nach Zielformat verschiedene Headerinformationen geschrieben und die einzelnen Datenzeilen aus dem Ergebnisvektor eingefügt.

Zur Zeit werden folgende Quellen- und Zielformate unterstützt:

- RDS-Format
- Agrocom-AFT-Format
- Agrocom-MWK-Format
- GIS Exchange Format
- Datentabelle
- Dateilisten mit GPS-Position und weiteren Parametern (eigenes Format, siehe Kapitel 3.3)

Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind im Anhang, Abschnitt 12.2 die wichtigsten Konstanten, Membervariablen und Methoden der GISEXF-Klasse und der INOUT-Form-Klasse in tabellarischer Form erklärt. Der vollständige Programmcode befindet sich im J++-Projekt GISEXF, das auf einer Diskette dieser Arbeit beigelegt ist.

3.2.2. Benutzeroberflächen des GIS-Datenaustauschmodules

Für die Benutzeroberfläche ist die Klasse INOUTForm zuständig (Abbildung 25).

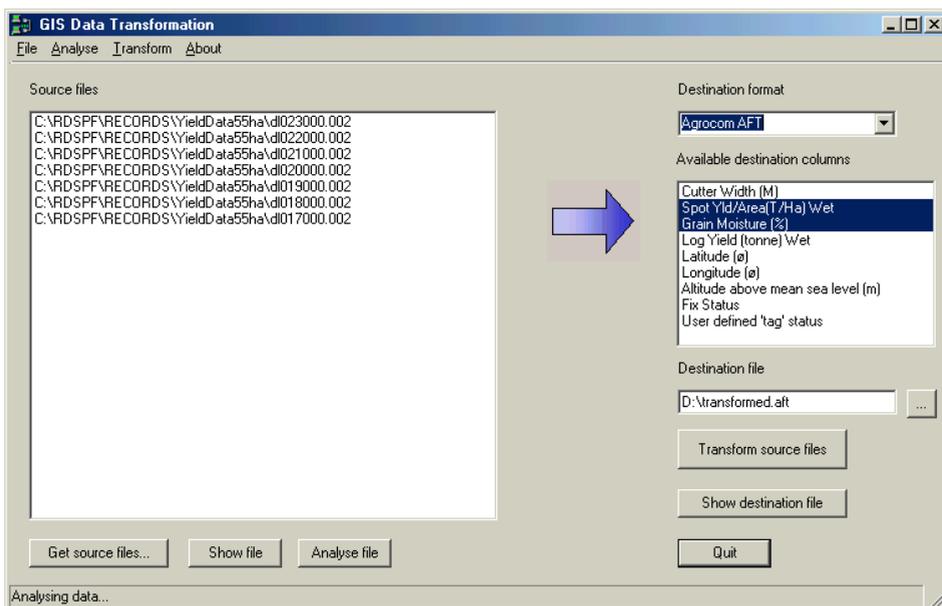


Abbildung 25: Benutzeroberfläche des GIS-Datenaustauschmodules

Der Benutzer kann über ein Dateialogfenster eine beliebige Anzahl von Ausgangsdateien durch das Drücken des Knopfes „Get source files“ auswählen. Durch Selektion einer Ausgangsdatei und anschließender Auswahl von „Show file“ kann die Datei in einem Editorfenster angesehen, geändert und gespeichert werden. Um die Ausgangsdateien zu analysieren, muß der Knopf „Analyse file“ gedrückt werden. Die Analyse bewirkt ein Füllen des Auswahlfeldes „Available destination columns“ für eine spätere Selektion von Zieldatenspalten. Gleichzeitig

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

erscheint ein Editorfenster mit den detaillierten Informationen zur Ausgangsdatei. Nun können das Zielformat und die Zieldatenspalten ausgewählt werden. Die Dateiendung der Zieldatei wird durch das Setzen des Zielformates automatisch verändert.

Es existiert folgende Zuordnung:

- RDS-Format: .002
- Agrocom-AFT-Format: .aft
- Agrocom-MWK-Format: .mwk
- GIS Exchange Format: .xml
- Datentabelle: .txt

Die eigentliche Transformation wird durch Auswahl von „Transform source file“ ausgelöst. Dabei werden sämtliche Ausgangsdateien in die angegebene Zieldatei transformiert. Auf Wunsch kann die Zieldatei durch anschließendes Drücken des Knopfes „Show destination file“ in einem Editorfenster angezeigt werden.

Über das Hauptmenü der INOUTForm lassen sich ebenfalls sämtliche Funktionen des Datenaustauschmodules nutzen (Abbildung 26).

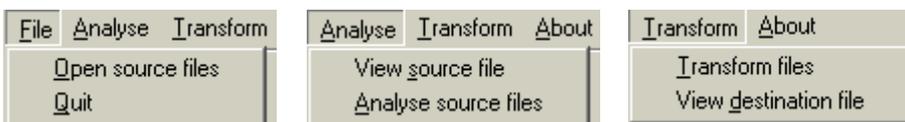


Abbildung 26: Menüs der INOUTForm

Die AboutBox gibt Auskunft über das Programm (Abbildung 27).

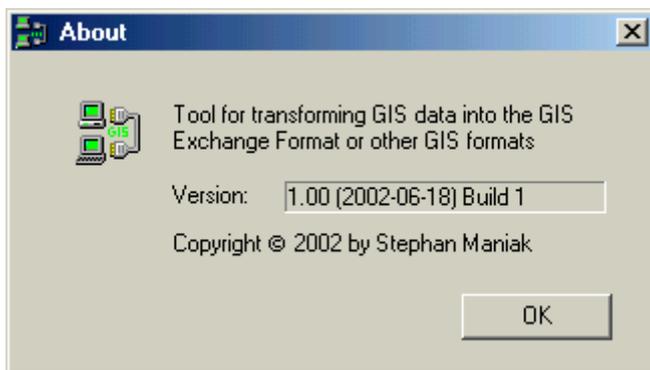


Abbildung 27: AboutBox

3.2.3. Beispiel für den GIS-Datenaustausch

In diesem Abschnitt sollen als Beispiel für den Datenaustausch sieben RDS-Dateien in das Agrocom-AFT-Format transformiert werden. Dazu sollen alle Schritte vom Ursprungssystem über die Transformation bis hin zum Zielsystem erklärt werden. Die anderen Zielformate, wie das Agrocom-MWK-Format, das GIS Exchange Format und die Datentabelle, sind am Ende dieses Abschnittes zu finden.

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



Abbildung 28: Dateidialog im RDS-System

Nach dem Starten des Programmes „RDS Mapping Planning“ können RDS-Daten durch den Menüpunkt „Datei“->„Laden der Rohdaten“ in das Programm geladen werden. Es erscheint der Dateidialog in Abbildung 28.

Dort werden alle 7 Dateien ausgewählt und der Knopf „Daten zusammenfügen“ gedrückt. Das RDS-System stellt die Rohdaten dar (Abbildung 29).

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

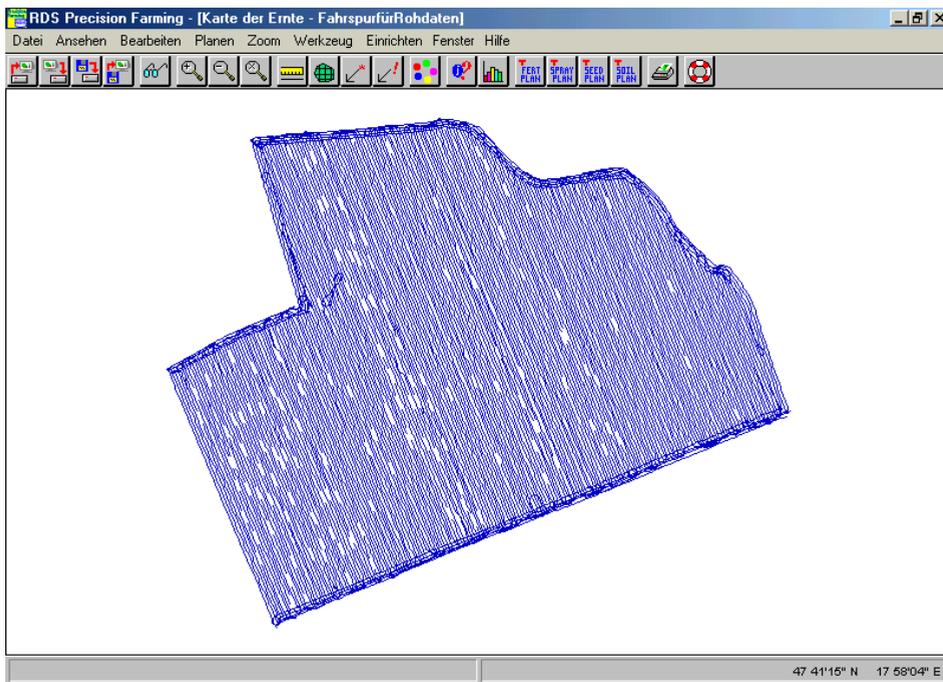


Abbildung 29: Darstellung der RDS-Rohdaten

Um eine Meßwertkarte zu erhalten, wird unter dem Menüpunkt „Ansehen“ die Ansicht „Ertragsdaten, als Konturen“ und „Berechnete Schlaggrenzen“ selektiert (Abbildung 30).

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

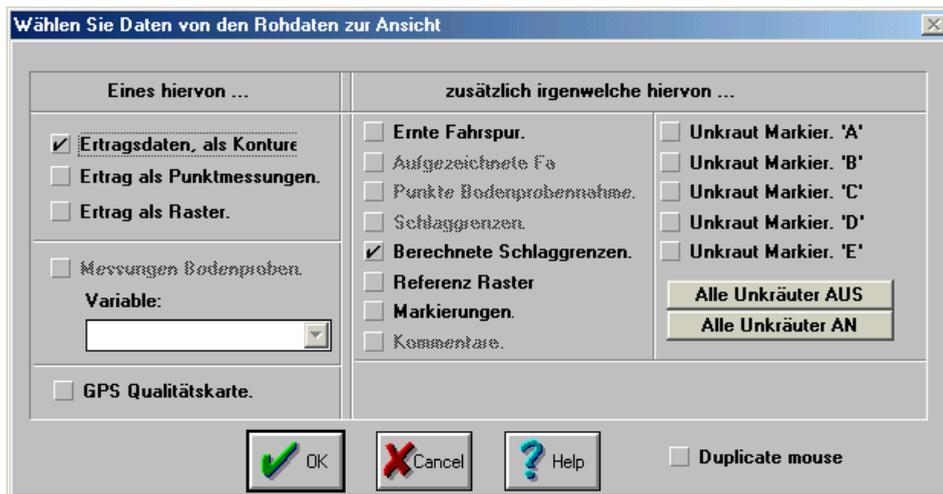


Abbildung 30: Auswahl der Rohdatendarstellung

Anschließend fragt das Programm nach der Art der Ernte:

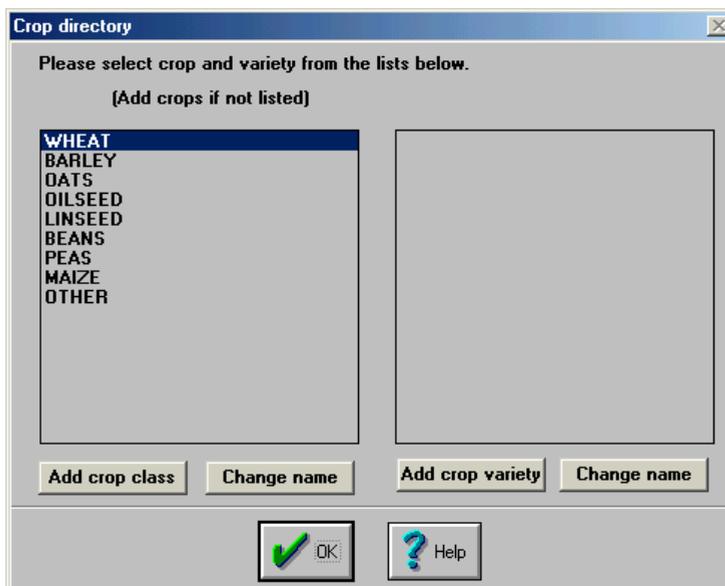


Abbildung 31: Art der Ernte festlegen

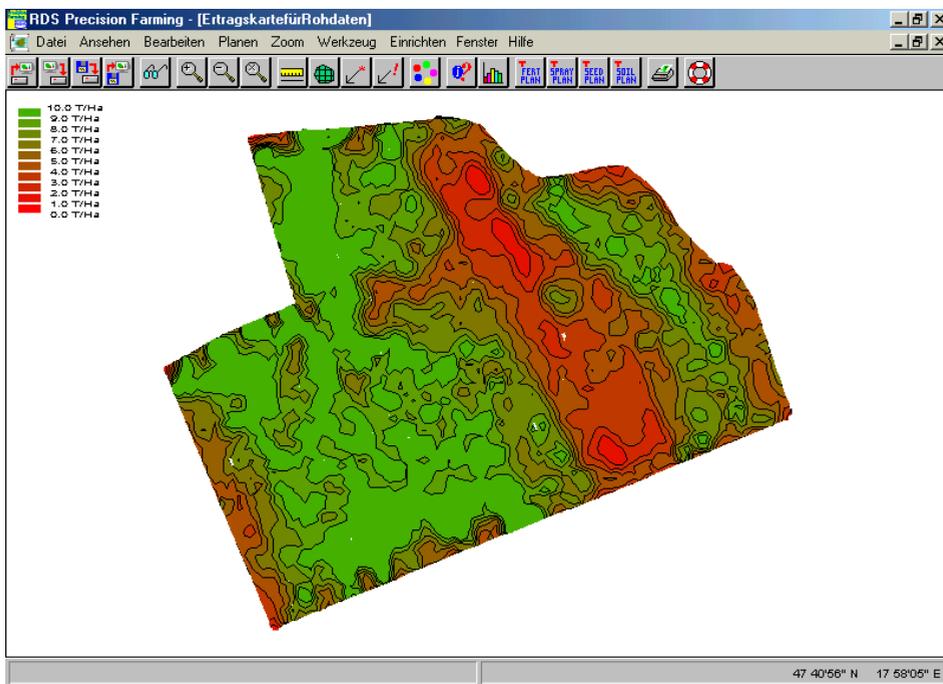


Abbildung 32: RDS-Meßwertkarte

Nach der Auswahl der Ernteart wird die Meßwertkarte für die RDS-Daten dargestellt (Abbildung 32).

Um die Daten in das Agrocom-System „AGRO-MAP Basic“ zu transferieren, wird das bereits vorgestellte GIS-Datenaustauschmodul GISEXF.exe gestartet. Auch hier können über den Knopf „Get source files“ in einem Dateidialogfenster GIS-Rohdaten ausgewählt werden:

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

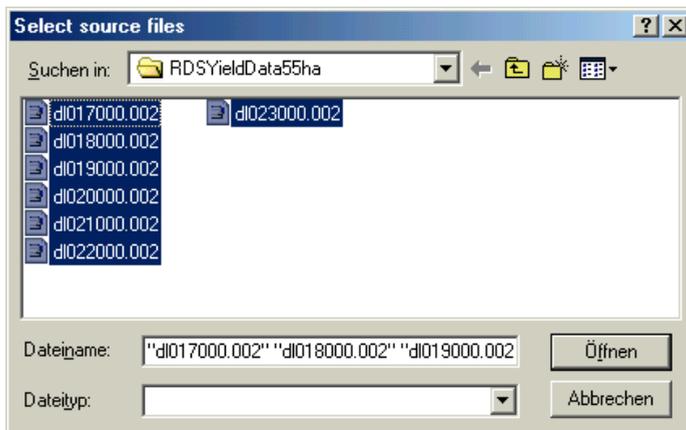


Abbildung 33: Dateialog des GIS-Datenaustauschmodules

Das GIS-Datenaustauschmodul stellt die ausgewählten Ursprungsdateien in der linken Dateiliste dar (Abbildung 34).

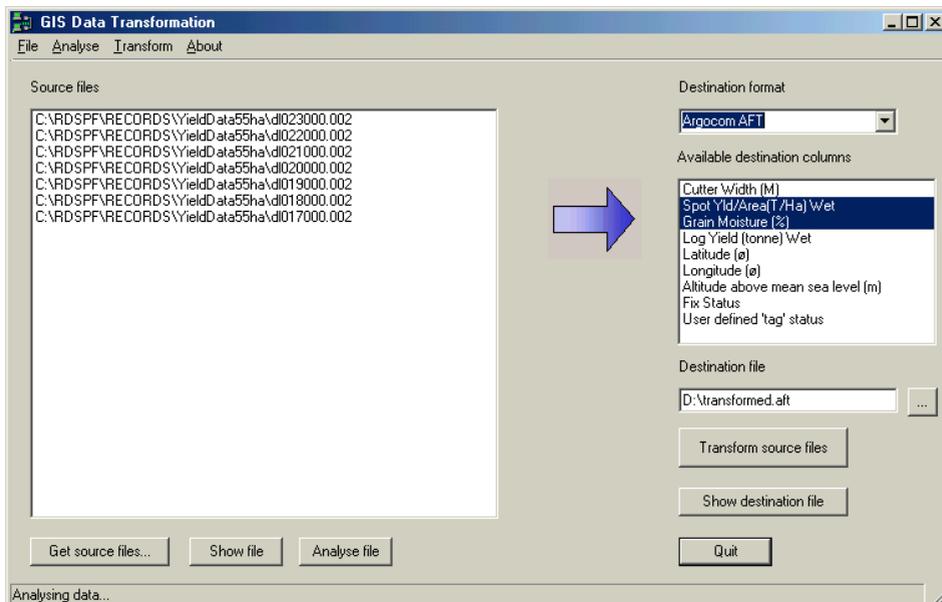
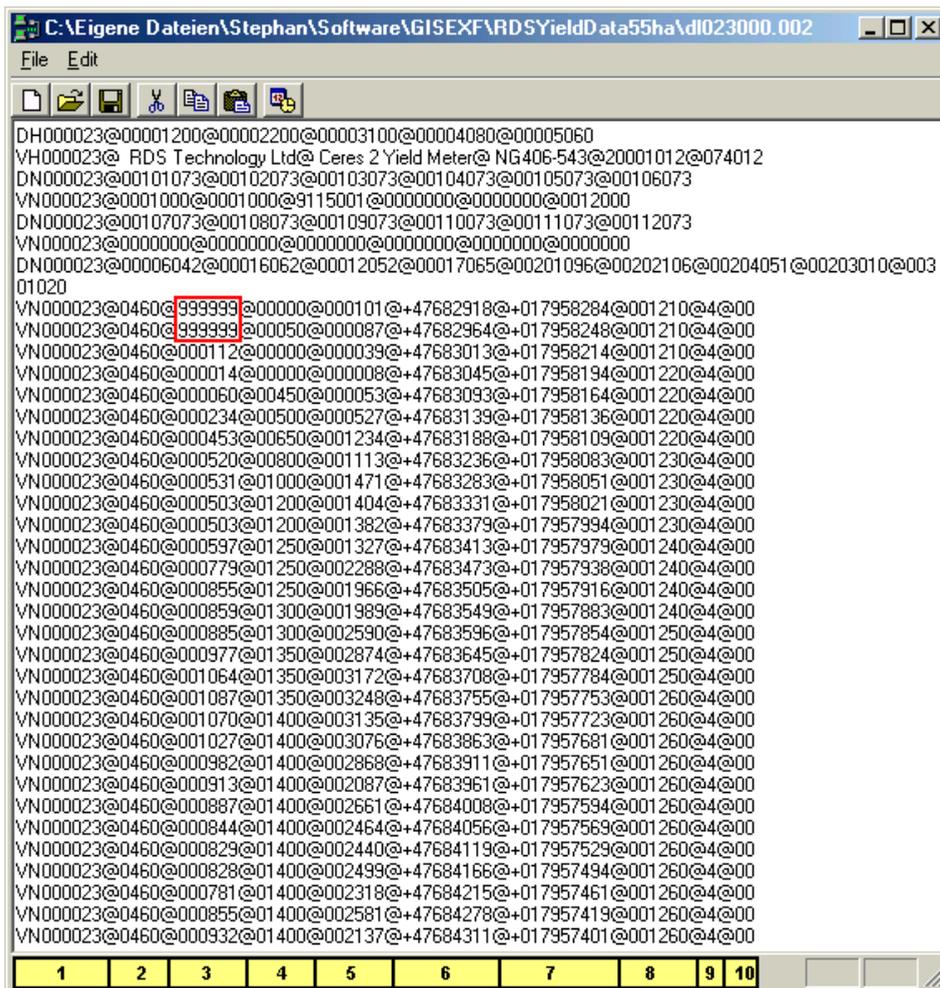


Abbildung 34: Ursprungsdateien im GIS-Datenaustauschmodul

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

Durch die Selektion einer Datei in der Liste und durch das Drücken des Knopfes „Show file“ wird der Inhalt der gewählten Ursprungsdatei angezeigt. Abbildung 35 gibt die erste RDS-Datei in der Liste wieder.



Erläuterung der Datenspalten: (1) Datentyp und Jobnummer, (2) Schnittbreite [m], (3) feuchter Ertrag [t/ha], (4) Feuchte [%], (5) feuchter Ertrag [kg], (6) nördliche Breite [°], (7) östliche Länge [°], (8) Höhe über N.N. [m], (9) Qualität, (10) Marke

Abbildung 35: RDS-Ausgangsdatei

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

Die Datei enthält teilweise Zeilen mit dem Ertragswert 999999. Diese Zeilen sind ungültige Messungen der Sensorik und müssen deshalb beim Datenaustausch mit einem anderen GIS berücksichtigt werden. Das GIS-Datenaustauschmodul filtert solche ungültigen Datenzeilen automatisch heraus.

Die Analyse dieser Datei ergibt folgendes Ergebnis:

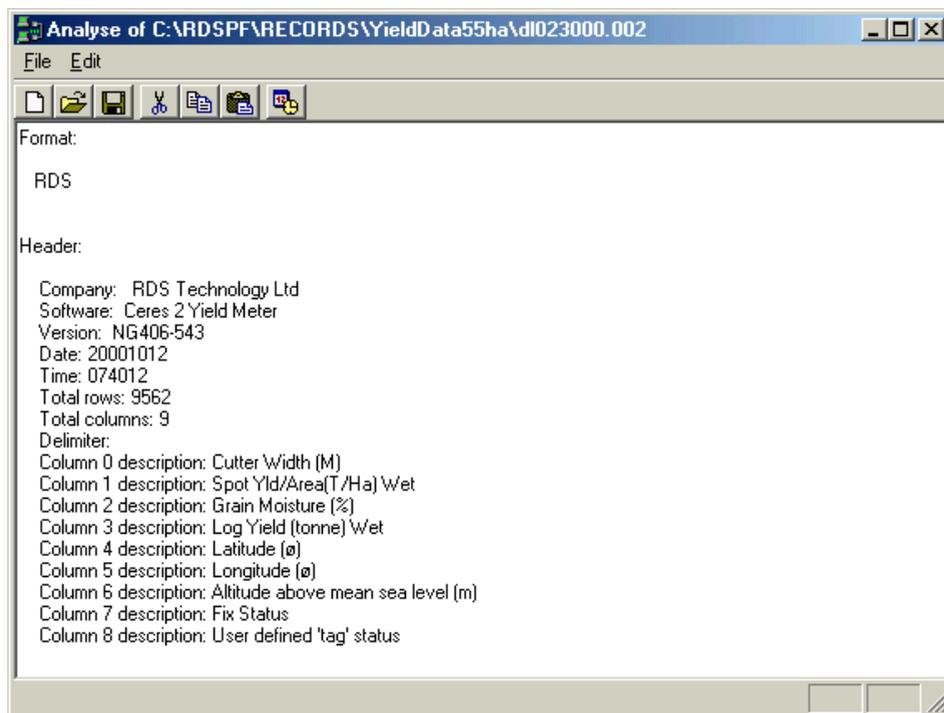


Abbildung 36: Analyse einer RDS-Datei

Über die Auswahl des AFT-Formates und der zugehörigen Zieldaten-spalten erhält man die AFT-Datei in Abbildung 38.

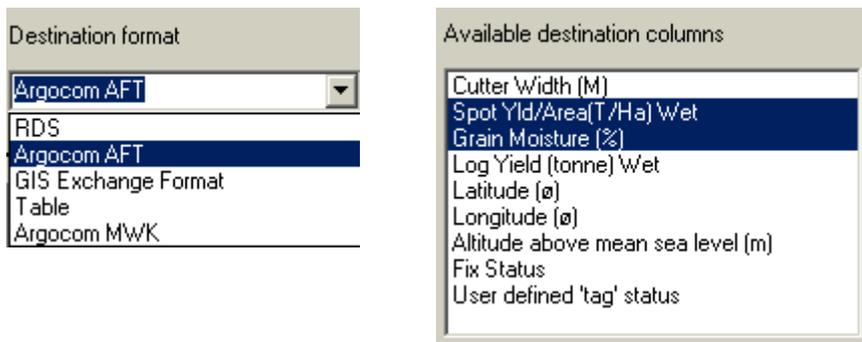
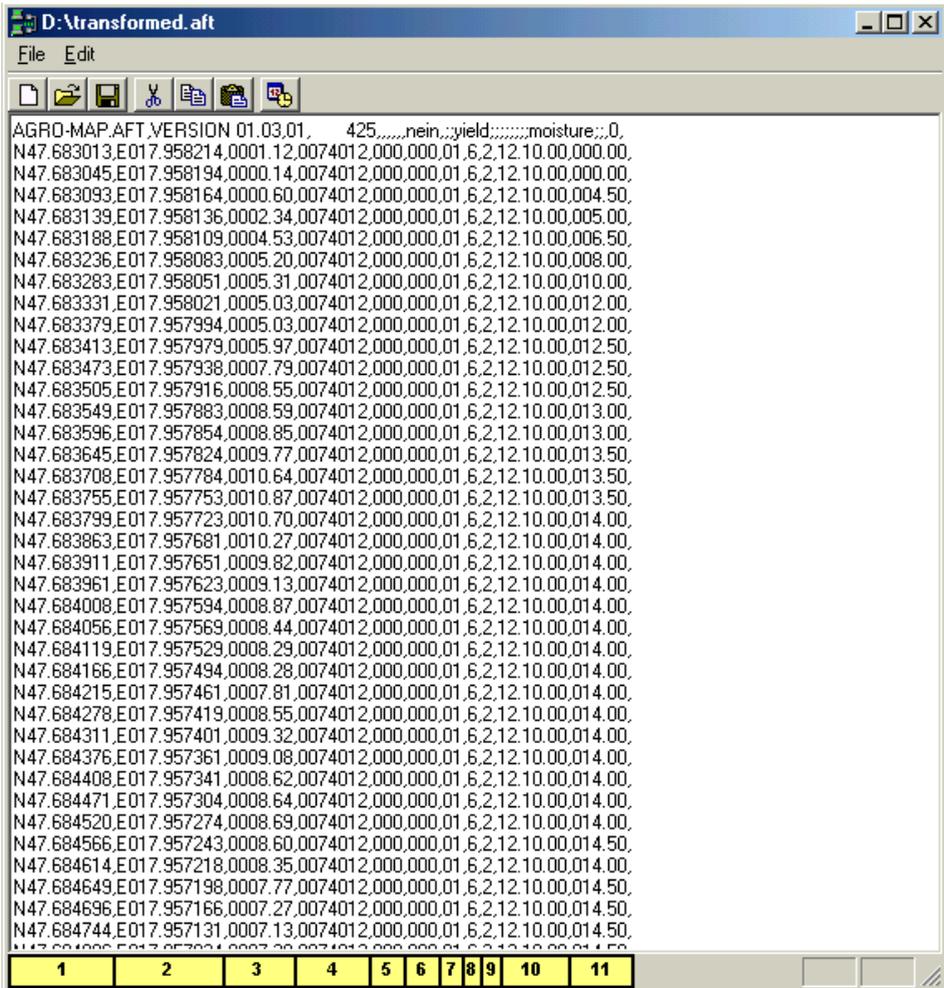


Abbildung 37: Auswahl des Zielformates und der zu transformierenden Datenspalten

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



Erläuterung der Datenspalten: (1) nördliche Breite [°], (2) östliche Länge [°], (3) Ertrag [t/ha], (4) Zeitstempel, (5) Geschwindigkeit [km/h], (6) Heading, (7) Alter der Daten, (8) Anzahl der empfangenen Satelliten, (9) GPS-Qualität, (10) Datum, (11) Kornfeuchte [%]

Abbildung 38: Transformierte AFT-Datei

Die transformierten GIS-Daten können nun in das Agrocom-System importiert werden. Dazu wird AGRO-MAP Basic gestartet. Über den Menüpunkt „Objekt importieren“ können GIS-Rohdaten, deren Format dem

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

Agrocom-System bekannt sein muß, in den Datenbestand mit aufgenommen werden (Abbildung 39).

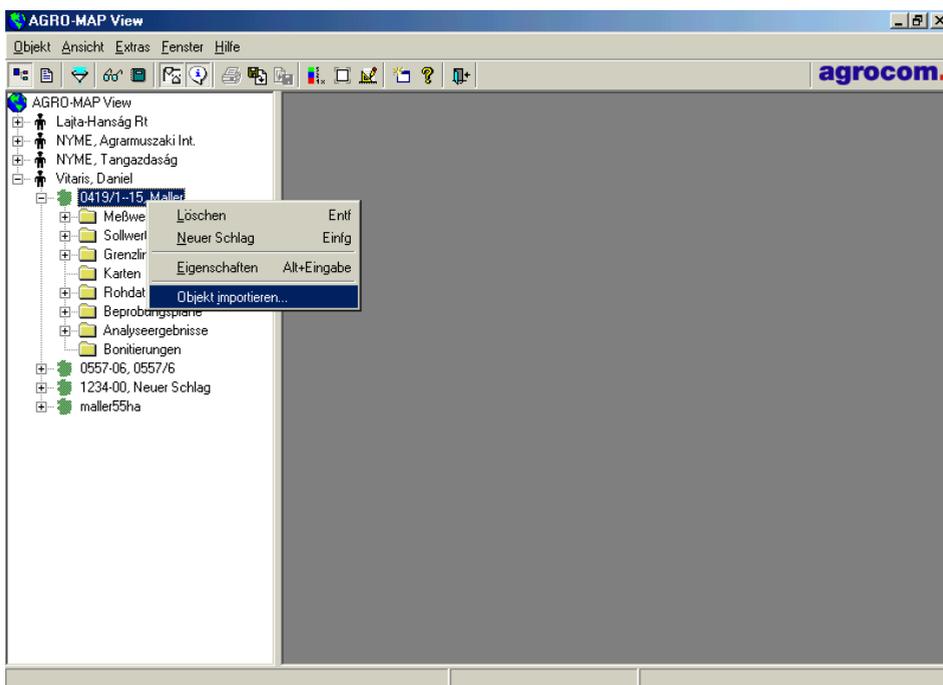


Abbildung 39: Objekt in AGRO-MAP Basic importieren

Über einen Dateidialog kann, ähnlich wie im RDS-System, eine Datei mit Rohdaten ausgewählt werden.

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

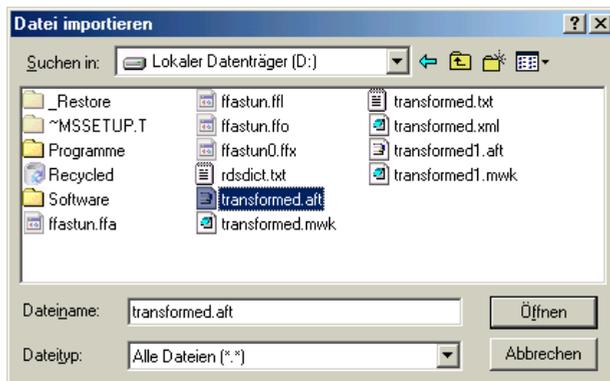


Abbildung 40: Dateidialog in AGRO-MAP Basic

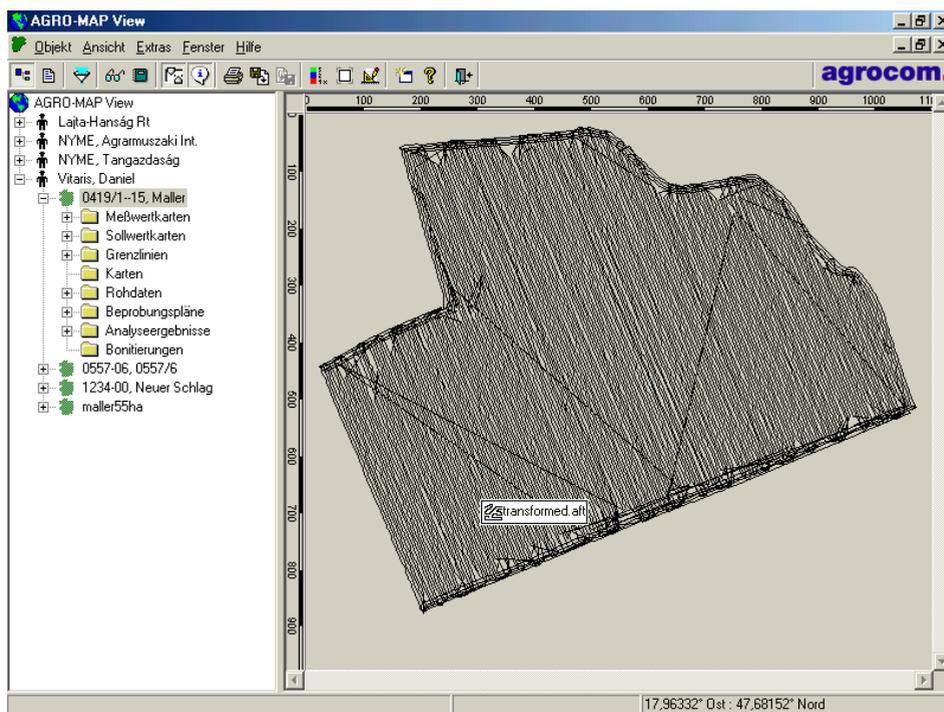


Abbildung 41: Rohdatenimport in AGRO-MAP Basic

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

Die Darstellung der Rohdaten erfolgt analog zu der im RDS-System (Abbildung 41). Über das Menü „Erstellen“ in der Werkzeugleiste des Ansichtsfensters kann aus den Rohdaten eine Meßwertkarte erstellt werden. Es existiert ein sogenannter „Experte zum Erstellen von Meßwertkarten“. Mit Hilfe des Experten lassen sich die folgenden Parameter bei der Erstellung anpassen:

- Datenspalten
- Auflösung
- Legende
- Verfahren
- Wertebereich
- Feuchte

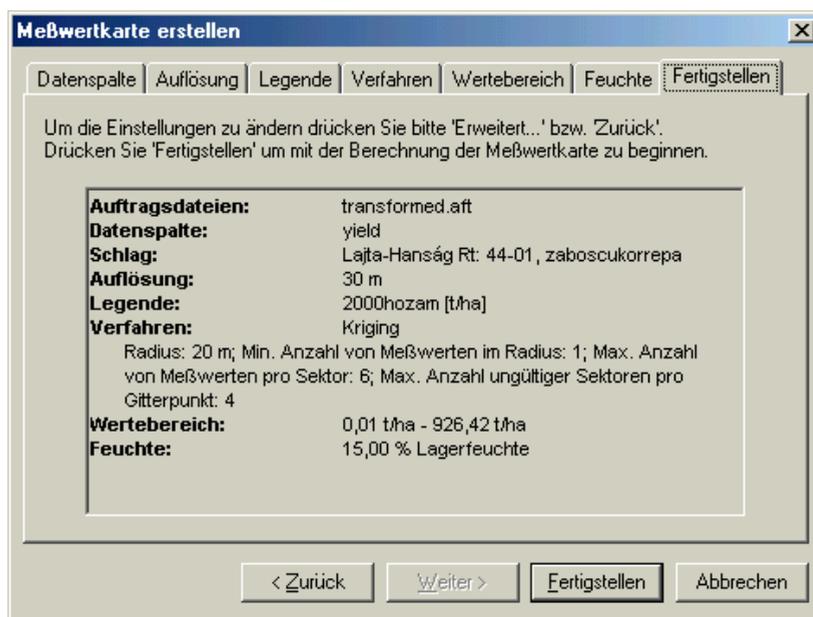


Abbildung 42: Experte zum Erstellen von Meßwertkarten

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

Wenn alle Parameter eingestellt sind, wird über „Erstellen“ die Meßwertkarte als Graphik berechnet und dargestellt (Abbildung 43).

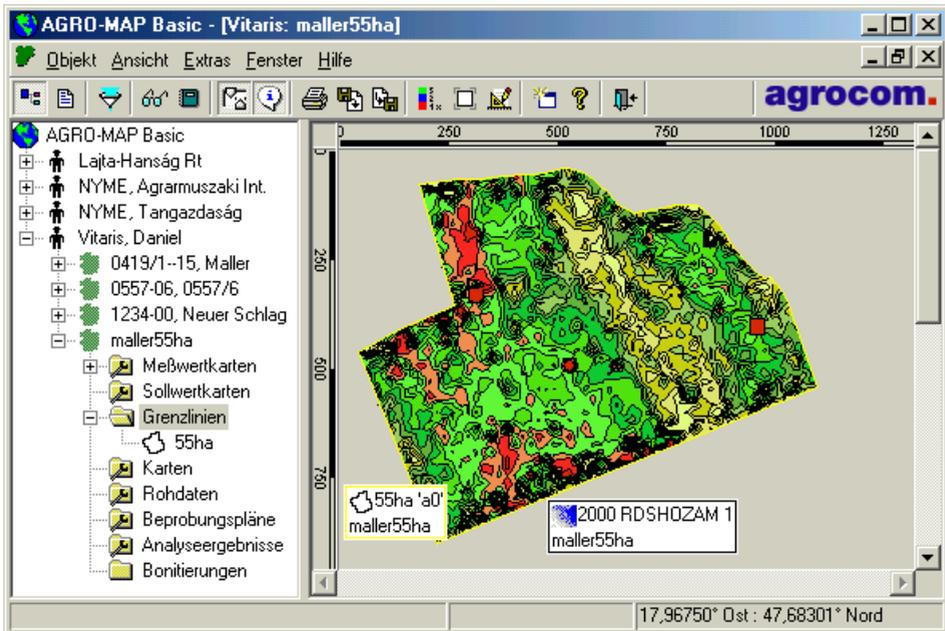
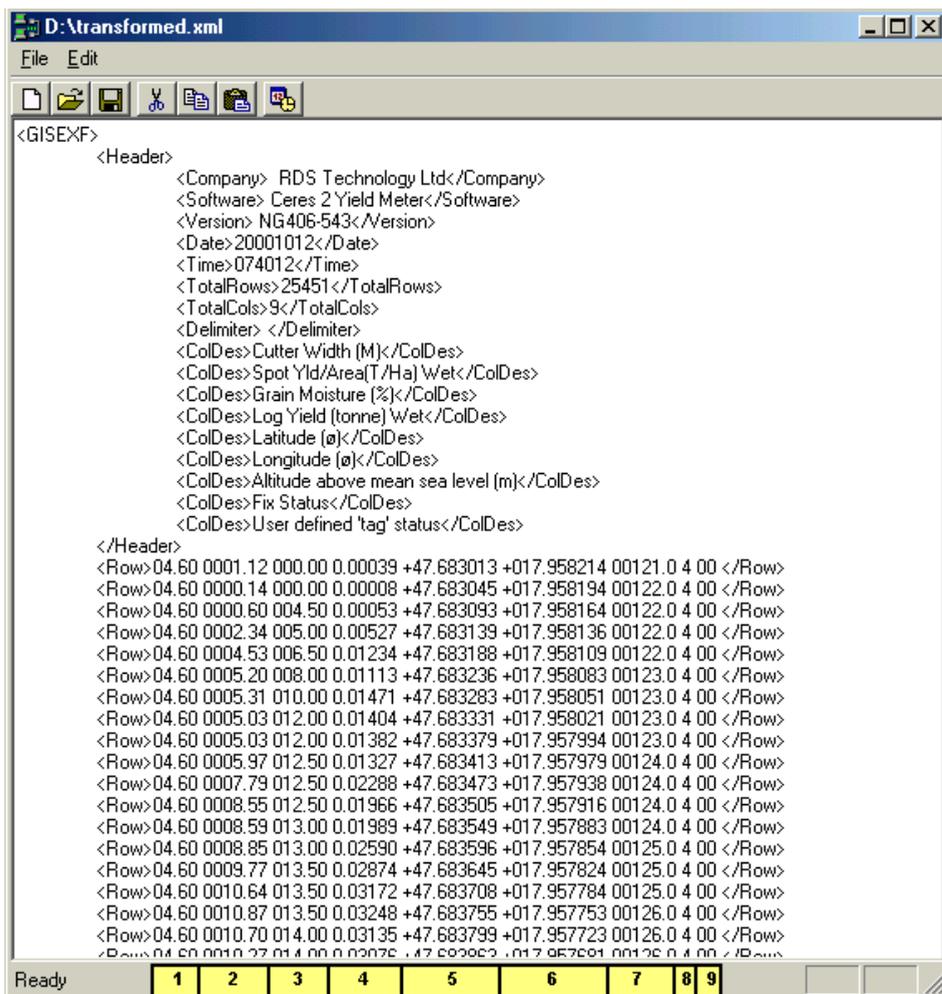


Abbildung 43: Meßwertkarte der transformierten RDS-Dateien in AGRO-MAP Basic

Vergleicht man die transformierte Karte in der Agrocom-Software mit der Ausgangskarte in der RDS-Software (Abbildung 32), so fällt deren unterschiedliches Aussehen sofort auf. Neben den Farben unterscheiden sich auch die Konturen. Der Grund dafür liegt in den verschiedenen Interpolationsverfahren, die zur Erstellung der Meßwertkarten verwendet worden sind. In der RDS-Software wird eine Inverse-Distanz-Interpolation durchgeführt, während die Agrocom-Software eine Interpolation nach Kriging mit einem Suchradius von 20 m einsetzt.

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

Das Agrocom-System kann außer dem AFT-Format auch MWK-Dateien oder Datentabellen importieren. Bei Datentabellen kann über den „Experten“ eine Auswahl über die darzustellende Datenspalte getroffen werden. Die nächsten Seiten zeigen die weiteren verschiedenen Zielformate: GIS Exchange Format, Tabellenform und Agrocom-MWK-Format.



Erläuterung der Datenspalten: (1) Schnittbreite [m], (2) feuchter Ertrag [t/ha], (3) Feuchte [%], (4) feuchter Ertrag [kg], (5) nördliche Breite [°], (6) östliche Länge [°], (7) Höhe über N.N. [m], (8) Qualität, (9) Marke

Abbildung 44: Transformation in das GIS Exchange Format

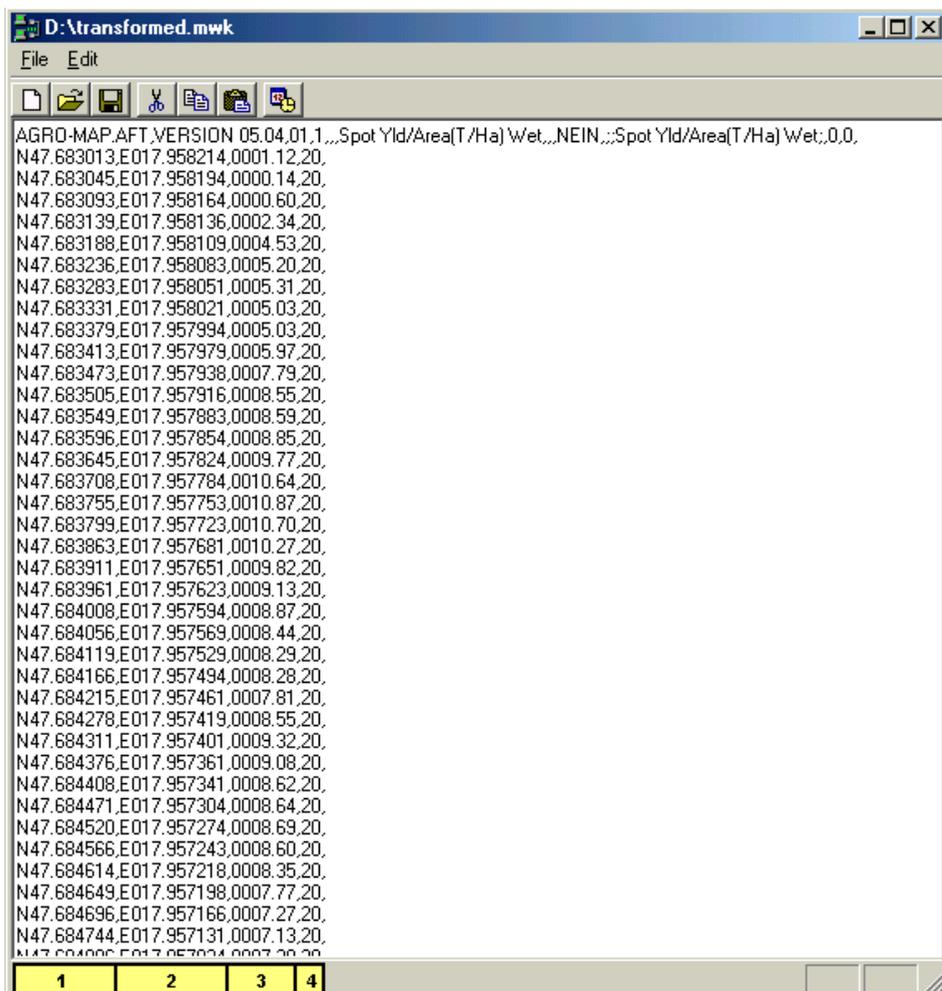
HIBA! A STÍLUS NEM LÉTEZIK.. HIBA! A STÍLUS NEM LÉTEZIK.

Cutter Width (M)	Longitude (ø)	Spot Yld/Area(T/ha) Wet	Grain Moisture (%)	Log Yield (tonne) Wet	Latitude	Fix Status	User defined 'tag' status	
04.60	0001.12	000.00	0.00039	+47.683013	+017.958214	00121.0	4	00
04.60	0000.14	000.00	0.00008	+47.683045	+017.958194	00122.0	4	00
04.60	0000.60	004.50	0.00053	+47.683093	+017.958164	00122.0	4	00
04.60	0002.34	005.00	0.00527	+47.683139	+017.958136	00122.0	4	00
04.60	0004.53	006.50	0.01234	+47.683188	+017.958109	00122.0	4	00
04.60	0005.20	008.00	0.01113	+47.683236	+017.958083	00123.0	4	00
04.60	0005.31	010.00	0.01471	+47.683283	+017.958051	00123.0	4	00
04.60	0005.03	012.00	0.01404	+47.683331	+017.958021	00123.0	4	00
04.60	0005.03	012.00	0.01382	+47.683379	+017.957994	00123.0	4	00
04.60	0005.97	012.50	0.01327	+47.683413	+017.957979	00124.0	4	00
04.60	0007.79	012.50	0.02288	+47.683473	+017.957938	00124.0	4	00
04.60	0008.55	012.50	0.01966	+47.683505	+017.957916	00124.0	4	00
04.60	0008.59	013.00	0.01989	+47.683549	+017.957883	00124.0	4	00
04.60	0008.85	013.00	0.02590	+47.683596	+017.957854	00125.0	4	00
04.60	0009.77	013.50	0.02874	+47.683645	+017.957824	00125.0	4	00
04.60	0010.64	013.50	0.03172	+47.683708	+017.957784	00125.0	4	00
04.60	0010.87	013.50	0.03248	+47.683755	+017.957753	00126.0	4	00
04.60	0010.70	014.00	0.03135	+47.683799	+017.957723	00126.0	4	00
04.60	0010.27	014.00	0.03076	+47.683863	+017.957681	00126.0	4	00
04.60	0009.82	014.00	0.02868	+47.683911	+017.957651	00126.0	4	00
04.60	0009.13	014.00	0.02087	+47.683961	+017.957623	00126.0	4	00
04.60	0008.87	014.00	0.02661	+47.684008	+017.957594	00126.0	4	00
04.60	0008.44	014.00	0.02464	+47.684056	+017.957569	00126.0	4	00
04.60	0008.29	014.00	0.02440	+47.684119	+017.957529	00126.0	4	00
04.60	0008.28	014.00	0.02499	+47.684166	+017.957494	00126.0	4	00
04.60	0007.81	014.00	0.02318	+47.684215	+017.957461	00126.0	4	00
04.60	0008.55	014.00	0.02581	+47.684278	+017.957419	00126.0	4	00
04.60	0009.32	014.00	0.02137	+47.684311	+017.957401	00126.0	4	00
04.60	0009.08	014.00	0.02689	+47.684376	+017.957361	00126.0	4	00
04.60	0008.62	014.00	0.01967	+47.684408	+017.957341	00126.0	4	00
04.60	0008.64	014.00	0.02603	+47.684471	+017.957304	00127.0	4	00
04.60	0008.69	014.00	0.02551	+47.684520	+017.957274	00127.0	4	00
04.60	0008.60	014.50	0.02609	+47.684566	+017.957243	00127.0	4	00
04.60	0008.35	014.00	0.01941	+47.684614	+017.957218	00127.0	4	00
04.60	0007.77	014.50	0.01787	+47.684649	+017.957198	00127.0	4	00
04.60	0007.27	014.50	0.01677	+47.684696	+017.957166	00127.0	4	00

Erläuterung der Datenspalten: (1) Schnittbreite [m], (2) feuchter Ertrag [t/ha], (3) Feuchte [%], (4) feuchter Ertrag [kg], (5) nördliche Breite [°], (6) östliche Länge [°], (7) Höhe über N.N. [m], (8) Qualität, (9) Marke

Abbildung 45: Transformation in das Tabellenformat

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



Erläuterung der Datenspalten: (1) nördliche Breite [°], (2) östliche Länge [°], (3) Ertrag [t/ha], (4) Zellengröße [m]

Abbildung 46: Transformation in das Agrocom-MWK-Format

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

3.3. AUFBAU EINES SYSTEMS ZUR VERKNÜPFUNG VON GPS-DATEN MIT VIDEOBILDERN UND ANDEREN ELEKTRISCHEN SIGNALLEN

Als Beispiel für den universellen Einsatz des Datenaustauschmoduls soll in diesem Kapitel ein neues System sowohl zur Erfassung von raumbezogenen Videobildern als auch zur Aufzeichnung von elektrischen Signalen vorgestellt werden.

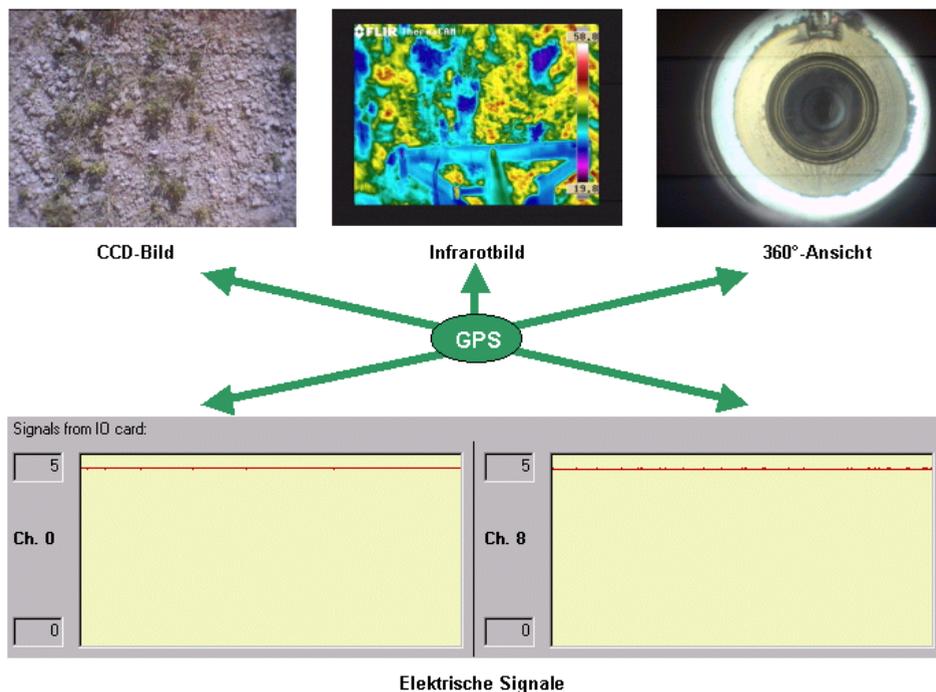


Abbildung 47: Datenquellen im System

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. Es sollen dabei die technischen Voraussetzungen für ein solches System geschaffen werden. Dieses Kapitel zeichnet den Weg vom Konzept über das Laborsystem bis hin zum Feldeinsatz.

3.3.1. Konzepte zur Realisierung eines Bildaufnahmesystems

Für die Verknüpfung von GPS-Daten mit Bildern einer Infrarotbildkamera sollen hier zwei Möglichkeiten aufgezeigt werden, um die Bilder auf einen PC zu übertragen. Die Integration einer Multi-IO-Karte wird im Abschnitt 3.3.2 erklärt.

1. Variante

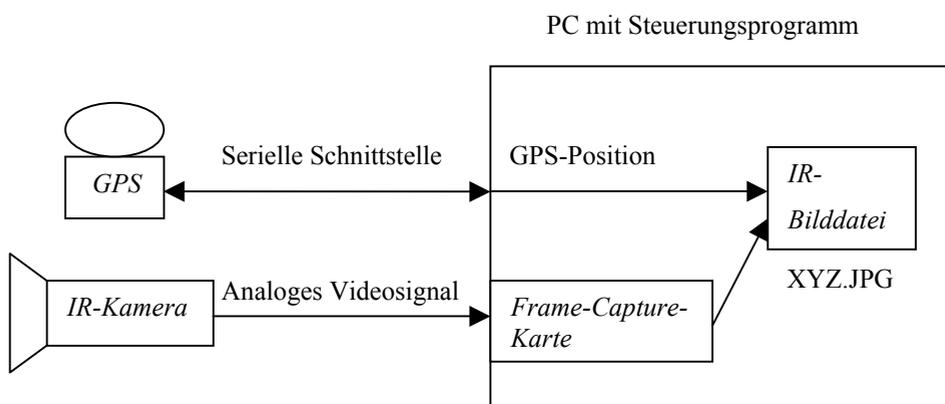


Abbildung 48: Variante 1 zum Aufbau eines GPS-IR-Systems

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

Die IR-Kamera oder jede beliebige Videokamera wird an den Videoeingang der Frame-Capture-Einsteckkarte eines PCs angeschlossen. Eine Frame-Capture-Karte kann das anliegende Videosignal aufzeichnen bzw. ein einzelnes Bild z.B. im JPG-Format speichern. Eine Karte kostet auf dem Konsumermarkt ungefähr € 100,-. Sie sollte das „Video for Windows“-API (Application Programmers Interface) verwenden. Über das API läßt sich die Frame-Capture-Karte mit Hilfe einer Programmiersprache steuern.

Am Computer wird ebenfalls ein GPS-Gerät z.B. über die serielle Schnittstelle angeschlossen. Ein zu programmierendes Steuerungsprogramm fragt kontinuierlich das GPS-Signal ab. Wird ein Bild über die Kamera aufgenommen, so wird gleichzeitig die aktuell vorhandene GPS-Position gespeichert. Für die Verknüpfung der GPS-Position mit dem aufgenommenen IR-Bild kann entweder die GPS-Position als Dateiname für das Bild verwendet werden, oder die Dateinamen der IR-Bilder und GPS-Daten bekommen eine fortlaufende Nummer. Im letzten Fall können die Dateien in einem späteren Prozeß durch eine weitere Software ausgewertet werden.

2. Variante

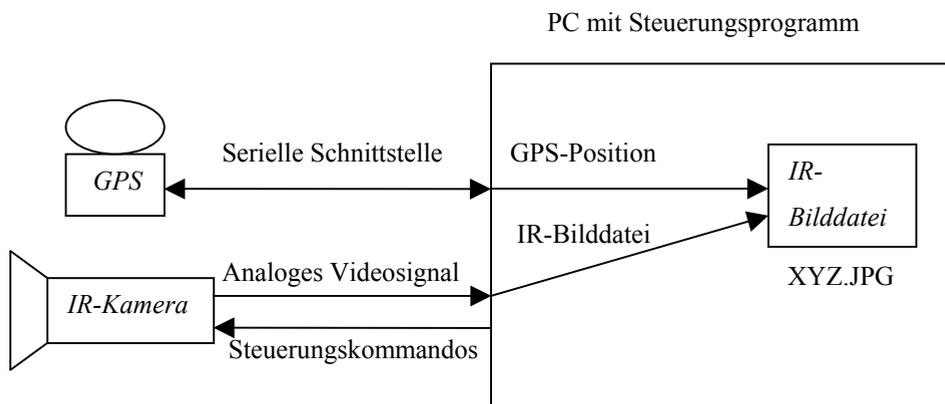


Abbildung 49: Variante 2 zum Aufbau eines GPS-IR-Systems

Als Alternative zur Frame-Capture-Karte können die Bilder auch direkt von der Kamera auf den PC übertragen werden. Dazu muß sich die Kamera vom PC fernsteuern lassen. Die Kamera bekommt in diesem Fall über die serielle Schnittstelle ein Capture-Kommando zur Speicherung des aktuellen Bildes. Gleichzeitig wird die aktuelle GPS-Position auf dem PC vermerkt. Bis zum nächsten IR-Bild hat die Kamera Zeit, das gespeicherte Bild auf den PC zu übertragen. Es stellt sich die Frage, ob die Datenübertragungsrate der Kamera ausreicht, um das Bild in dem geforderten Intervall auf den Computer zu übertragen.

Für die Realisierung des GPS-IR-Systems sind folgende Fragen zu klären:

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

- In welchem zeitlichen Intervall sollen IR-Bilder aufgenommen werden? Wie schnell fährt das landwirtschaftliche Fahrzeug?
- Über welche Anschlüsse verfügt die Kamera (Composite VIDEO OUT, serielle Schnittstelle, ...)?
- Kann die Kamera durch einen PC ferngesteuert werden? Wenn ja, welche Programmierschnittstelle gibt es? Wie lange dauert die Übertragung eines Bildes? Falls die Kamera keine Programmierschnittstelle besitzt, ist eine Frame-Capture-Karte unbedingt nötig.
- Über welche Anschlüsse und welche Programmierschnittstelle verfügt der GPS-Empfänger?

3.3.2. Aufbau des Laborsystems

Zur Realisierung eines GPS-IR-Systems wurde das erste Konzept des vorherigen Abschnittes implementiert. Eine Ansteuerung der Kamera über die serielle Schnittstelle (RS 232 Remote Interface) erfolgt nicht, da die Übertragungszeit von den aufgenommenen Bildern unbekannt ist, und der Hersteller der Kamera keinerlei Auskünfte über das Steuerungsinterface gibt. FLIR bietet eine eigene, kostenpflichtige Software zur Steuerung der IR-Kamera an, welche aber nicht für die automatische Speicherung von Bildern mit verknüpften GPS-Daten geeignet ist.

Hier eine Übersicht über das Laborsystem:

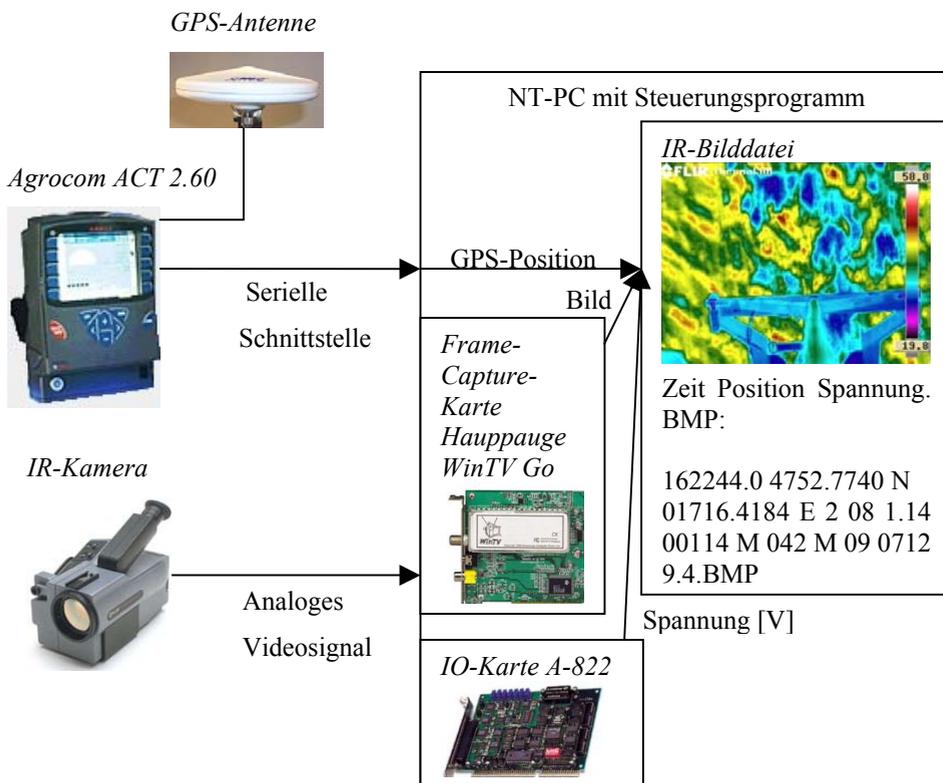


Abbildung 50: Aufbau des Laborsystems

Es wird die Frame-Capture-Karte vom Typ „Hauppauge WinTV Go“ eingesetzt. Die Kamera wird über ihren Composite-Videoausgang und einem Koaxialkabel direkt mit der Frame-Capture-Karte verbunden, welche die Aufzeichnung der Infrarotbilder übernimmt. Die Frame-Capture-Karte wurde zusammen mit einem selbst programmierten Steuerungsprogramm auf einer NT-Workstation installiert und in Betrieb genommen. Das Programm wird ausführlich im Abschnitt 3.3.4 beschrieben. Mit dem Programm ist es möglich, Videobilder einer

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

beliebigen Kamera mit einer einstellbaren zeitlichen oder räumlichen Frequenz aufzunehmen und gleichzeitig die aktuelle GPS-Position zu speichern. Der Dateiname des gespeicherten Bildes enthält die aktuelle Zeit und die GPS-Position. Zusätzlich zur Bildinformation ist es möglich, zwei Kanäle der Multi-IO-Karte A-822 PGL aufzuzeichnen.

Als Infrarotkamera wird eine ThermCAM PM 675 der Firma FLIR eingesetzt (Abbildung 85 im Anhang). Sie ist für die Aufnahme von verschiedenen Wärmebildern und für Temperaturmessungen geeignet. Neben der Aufzeichnung von Einzelbildern können komplette Videoströme vom Kameraausgang im PAL- oder NTSC-Format aufgezeichnet werden. Einzelbilder können als 8 Bit-BMP-Bild oder als 14 Bit-IMG-IR-Bild von der Kamera gespeichert werden. Die maximale Auflösung beträgt 640x480 Bildpunkte.

Mit Hilfe der eingebauten Kalibrierfunktion der Kamera läßt sich der Temperaturbereich einstellen. Die Kamera kann eine Temperatur von -40°C bis maximal 1500°C wahrnehmen. Bei einer Temperatur von 30°C beträgt die Genauigkeit $0,7^{\circ}\text{C}$. Neben einer manuellen oder einer automatischen Fokussierung kann elektronisch bis zu vierfach gezoomt werden.

Mit der Multi-IO-Karte A-822 PGL der Firma ICP DAS können 16 analoge und 16 digitale Signale gemessen werden. Die Auflösung beträgt 12 Bit bei einer maximalen Samplerate von 100 K samples / s. Die Schnittstellenkarte verfügt über 9 verschiedene Meßbereiche von -10 bis $+10$ Volt, welche programmierbar sind. Außerdem eignet sich die Karte auch zur Aufzeichnung von 8 Differenzsignalen. Zur Ansteuerung der Multi-

IO-Karte stellt der Hersteller eine umfangreiche Programmierschnittstelle durch eine DLL (Dynamic Link Library) zur Verfügung.

Das Institute of Agricultural, Food and Environmental Engineering verfügt über drei verschiedene GPS-Empfänger:

- ACT-Unit (Version 2.60) der Firma Agrocom mit internem LandStar-GPS-Receiver
- LandStar MK IV der Firma Racal in England
- DGPS MAX von CSI Wireless

In einem ersten Experiment wurde das System erfolgreich mit der ACT-Unit verbunden. Zu diesem Zweck mußte eine von der Firma Agrocom bereitgestellte Software in die ACT-Unit überspielt werden. Die Überspielung erfolgte über eine PCMCIA-Karte.

Durch die Installation des Programmes „DGPS.EXE“ auf der ACT-Unit war es möglich, die GPS-Signale des internen GPS-Empfängers direkt an der ACT-Kommunikationsschnittstelle auszugeben. Das Programm „DGPS“ mußte aus dem Bootmanager der ACT-Unit gestartet werden (Abbildung 51).

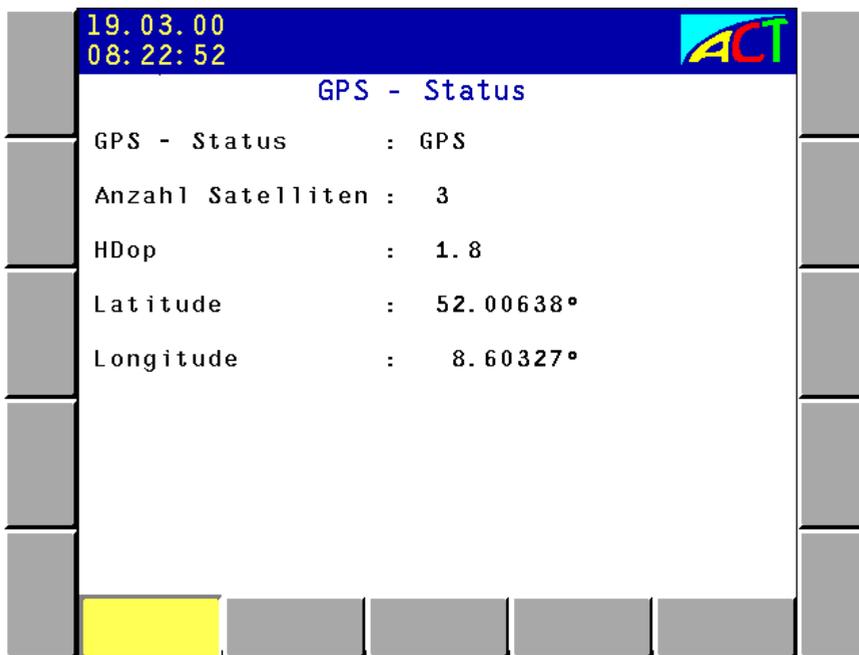


Abbildung 51: ACT-Programm „DGPS.EXE“

Die GPS-Daten wurden über ein serielles Nullmodemkabel an einen PC oder ein Laptop übertragen. Die Pinbelegung des Nullmodemkabels befindet sich im Anhang zum Laborsystem (Tabelle 11).

Der COM-Port des Empfangsrechners muß die folgenden Einstellungen besitzen:

- 4800 Baud
- keine Parität
- 8 Datenbits
- 1 Stoppbit

Des weiteren wurde versucht, den LandStar-Empfänger an einen PC anzuschließen (Abbildung 86 im Anhang). Der LandStar-Empfänger hatte jedoch kein brauchbares Anschlußkabel. In dem vorhandenen Kabel waren Daten- und Stromleitungen vermischt. Es wurde versucht, diese Leitungen zu trennen, doch konnten nur die Leitungen für die Stromquelle ermittelt und angeschlossen werden. Es soll in einem weiteren Schritt versucht werden, die GPS-Position aus dem LandStar auszulesen. Das Institute of Agricultural, Food and Environmental Engineering hat mittlerweile ein RDS-Gerät zur automatischen Spurenführung angeschafft, das den externen GPS-Receiver DGPS MAX von CSI Wireless verwendet (Abbildung 87 im Anhang). Bei diesem Gerät sind Daten- und Stromleitungen standardmäßig getrennt, so daß ein serieller Anschluß vorhanden ist.

3.3.2.1. NMEA-Protokoll 0183

Die verwendeten GPS-Empfänger setzen alle das NMEA-Protokoll 0183 ein. Das NMEA-Protokoll 0183 ist ein Standardprotokoll zur Übertragung von GPS-Daten. Als Schnittstelle wird die serielle Schnittstelle RS-232 mit den oben beschriebenen Einstellungen verwendet. Alle Sätze bzw. Datensequenzen werden im ASCII-Format geschickt. Jede Sequenz startet mit einem Dollarzeichen \$ und endet mit einem Carriage Return Linefeed <CR><LF>. Die Daten in einer Sequenz werden durch Kommata getrennt. Nicht alle GPS-Empfänger übertragen sämtliche im NMEA-Protokoll spezifizierten Sequenzen. Eine Checksumme am Ende jeder Sequenz ist optional. Jeder Datensatz beginnt mit einem Adressfeld

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

aacc. „aa“ ist die Geräte-ID und bei GPS-Empfängern generell „GP“. „ccc“ gibt das Format des Datensatzes an und wird auch als Satzname bezeichnet.

Eine typische GPS-Datensequenzfolge von der Agrocom ACT-Unit sieht folgendermaßen aus:

```
$GPGGA,162244.0,4752.7740,N,01716.4184,E,2,08,1.14,00114,M,042,M,09,0712*53
$GPGSA,A,3,03,15,17,18,21,22,23,31,,,,,2.68,1.14,2.43*07
$GPGSV,2,2,8,21,46,165,43,22,45,210,38,23,30,048,41,31,21,297,40*4E
```

Zur Positionsbestimmung wird die Sequenz \$GPGGA ausgewertet. Die GPGGA-Zeile hat den folgenden Aufbau:

```
$GPGGA,hhmmss.ss,ddmm.mmmmm,s,dddmm.mmmmm,s,n,qq,pp.p,s  
aaaaa.aa,M,txxxx.xx,M,sss,aaaa*cc<CR><LF>
```

GGA : Global Positioning System Fix Data
hhmmss.ss : UTC time in hours, minutes, seconds of the GPS position
ddmm.mmmmm : Latitude in degrees, minutes, and decimal minutes
s : s = N or s = S, for North or South latitude
dddmm.mmmmm : Longitude in degrees, minutes, and decimal minutes
s : s = E or s = W, for East or West longitude
n : GPS quality indicator, 0 = no position, 1 = undifferentially corrected position,

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

2 = differentially corrected position,
9 = position computed using almanac

qq : Number of satellites used in position
computation

pp.p : Horizontal dilution of position (0.0 to 9.9)

saaaa.aa : Antenna altitude above/below mean sea
level (geoid)

M : Altitude units, M = meters

±xxxx.xx : Geoidal separation (Diff. between WGS-84
earth ellipsoid and mean sea level;
-=geoid is below WGS-84 ellipsoid)

M : Geoidal separation units, M = meters

sss : Age in seconds since last update from
diff. reference station

aaa : Diff. reference station ID#

*cc : Checksum

<CR><LF> : Carriage return and line feed

Die GPGSA- und GPSGSV-Sequenzen haben folgende Strukturen:

**\$GPGSA,a,b,cc,dd,ee,ff,gg,hh,ii,jj,kk,mm,nn,oo,p.p,q.q,r.r
*cc<CR><LF>**

GSA : GPS receiver operating mode, SVs used for
navigation, and DOP values

a : Satellite acquisition mode,
M = manually forced to 2D or 3D,
A = automatic swap between 2D and 3D

b : Position mode,
1 = fix not available,
2 = 2D fix,
3 = 3D fix

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

cc to oo : Satellites used in the position solution, a
null field occurs if a channel is unused

p.p : Position Dilution of Precision
(PDOP) = 1.0 to 9.9

q.q : Horizontal Dilution of Precision
(HDOP) = 1.0 to 9.9

r.r : Vertical Dilution of Precision
(VDOP) = 1.0 to 9.9

*cc : Checksum

<CR><LF> : Carriage return and line feed

\$GPGSV,t,m,n,ii,ee,aaa,ss,...ii,ee,aaa,ss,*cc<CR><LF>

GSV : Number of SVs in view, PRN numbers,
elevation, azimuth & SNR values

t : Total number of messages of this type in
this cycle

m : Message number, m = 1 to 3

n : Total number of satellites in view

ii : Satellite number

ee : Elevation in degrees, ee = 0 to 90

aaa : Azimuth, degrees from true north,
aaa = 0 to 359

ss : SNR (dB) + 30, ss = 0 to 99 (null when not
tracking)

*cc : Checksum

<CR><LF> : Carriage return and line feed

Der GPS-Receiver DGPS MAX von CSI Wireless verwendet die
GPGGA- und GPVTG –Sequenzen:

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

\$GPGGA,095015.60,4753.49106,N,01716.29422,E,2,08,0.9,126.0,
M,42.6,M,5.2,0100*4C

\$GPVTG,215.83,T,215.83,M,0.07,N,0.13,K*4B

Die GPVTG-Sequenz zur Bestimmung der Geschwindigkeit ist folgendermaßen aufgebaut:

\$GPVTG,ttt,c,ttt,c,ggg.gg,u,ggg.gg,u*cc

VTG : Velocity and course information
ttt : True course over ground, ttt = 000 to 359,
in degrees
c : True course over ground indicator, c = T
always
ttt : Magnetic course over ground, ttt = 000 to
359, in degrees (output with magnetic model
option only)
c : Magnetic course over ground Indicator,
always c = M
ggg.gg : Speed over ground, 000 to 999 knots
u : Speed over ground units, u = N = Nautical
mile/h
ggg.gg : Speed over ground, 000 to 999 km/h
u : Speed over ground units, u = K = kilometer/h
*cc : Checksum
<CR><LF> : Carriage return and line feed

3.3.3. Softwarestruktur

Die Abbildung 52 zeigt eine Übersicht über die Software zur Verknüpfung der GPS-Position mit Videobildern und anderen elektrischen Signalen.

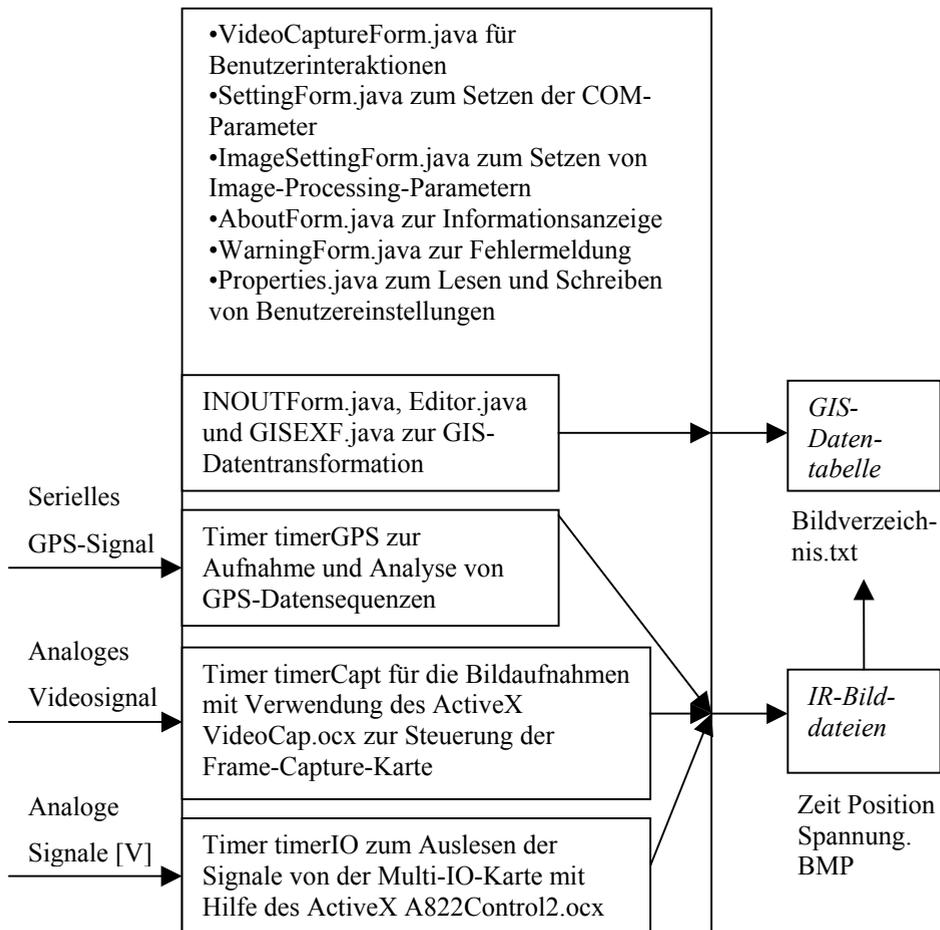


Abbildung 52: Softwarestruktur

Die Software wurde in den Programmiersprachen Java, C++ und Visual Basic realisiert. Für eine schnelle und einfache Ansteuerung der Frame-Capture-Karte wurde das ActiveX-Modul VideoCap.ocx entwickelt. Um auf die Multi-IO-Karte zugreifen und analoge oder digitale Signale auslesen zu können, wurde das ActiveX-Modul A822Control2.ocx programmiert. Die Klasse VideoCaptureForm.java bildet den Container für alle anderen Klassen und Module. VideoCaptureForm nimmt Benutzereingaben entgegen und stellt zusammen mit den Klassen SettingForm.java, ImageSettingForm.java, INOUTForm.java, WarningForm.java, AboutForm.java und Properties.java das Benutzerinterface dar. Zur Aufnahme der GPS-Datensätze, die an der seriellen Schnittstelle anliegen, wurde der Timer timerGPS verwendet, der als Hintergrundprozeß alle 10 Millisekunden den COM1-Port abfragt und die eingehenden Daten sammelt. Komplette GPS-Sequenzen werden analysiert und daraus die aktuelle GPS-Position bzw. die Geschwindigkeit des landwirtschaftlichen Fahrzeuges bestimmt. Eine Geschwindigkeitsbestimmung kann nur erfolgen, wenn der GPS-Datensatz die Sequenz \$GPVTG enthält. Die Agrocom ACT-Unit liefert diese Sequenz nicht. Sie sendet nur die bereits im letzten Abschnitt beschriebenen Datensätze \$GPGGA, \$GPGSA und \$GPGSV.

Zur Positionsbestimmung wird die Sequenz \$GPGGA ausgewertet. Jedes aufgenommene Videobild wird mit der aktuellen GPS-Position verknüpft, indem es einen aus der GPGGA-Zeile abgeleiteten Dateinamen erhält:

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

**hhmmss.ss dddmm.mmmmm s dddmm.mmmmm s n qq pp.p s aaaaa.aa M
±xxxx.xx M sss aaaa x,x x,x.BMP**

hhmmss.ss : UTC time in hours, minutes, seconds of the
GPS position

ddmm.mmmmm : Latitude in degrees, minutes, and decimal
minutes

s : s = N or s = S, for North or South latitude

dddmm.mmmmm : Longitude in degrees, minutes, and decimal
minutes

s : s = E or s = W, for East or West longitude

n : GPS quality indicator, 0 = no position,
1 = undifferentially corrected position,
2 = differentially corrected position,
9 = position computed using almanac

qq : Number of satellites used in position
computation

pp.p : Horizontal dilution of position
(HDOP: 0.0 to 9.9)

aaaa.aa : Antenna altitude above/below mean sea
level (geoid)

M : Altitude units, M = meters

±xxxx.xx : Geoidal separation (Diff. between WGS-84
earth ellipsoid and mean sea level.
- = geoid is below WGS-84 ellipsoid)

M : Geoidal separation units, M = meters

sss : Age in seconds since last update from
diff. reference station

aaa : Diff. reference station ID#

x,x : Plant density (optional)

x,x : Voltage from IO card (optional)

.BMP : File extension

Falls die Online-Bildauswertung aktiviert ist, erweitert sich der Dateiname um ein Feld. Das Feld „Plant Density“ gibt die bewachsene Fläche in Prozent wieder. Ebenso kann die Summe bzw. Differenz zweier elektrischer Spannungen von der Multi-IO-Karte als zusätzliches Feld angehängt sein. Diese letzten beiden Felder sind optional. Ihre Ausgabe wird durch die Benutzeroberfläche geregelt. Alle Bilddateien können nach Beenden der Aufnahme über eine Dateiliste mit Headerinformationen und das Datenaustauschmodul in Tabellenform exportiert werden. In den Headerinformationen ist gespeichert, welcher GPS-Receiver und Kameratyp eingesetzt wurde, ob die Online-Bildauswertung aktiviert war und ob Signale von der Multi-IO-Karte aufgezeichnet wurden.

Auf Grund der Dateinamenstruktur können die aufgenommenen Bilder sehr leicht nach der Zeit sortiert werden.

Der Timer `timerGPS` kann im Testmodus durch Setzen der booleschen Umgebungsvariablen `m_testGPS` betrieben werden. Im Testmodus werden fiktive GPS-Daten ausgewertet und mit der aktuellen Zeit versehen. Der Testmodus ist zur Überprüfung der Funktionalität der Videokarte und Multi-IO-Karte gedacht.

Mit Hilfe der Klasse `SettingForm.java` können die Parameter für die serielle Schnittstelle gesetzt werden. Zum Setzen von Parametern für die Bildverarbeitung und -auswertung wird der Dialog `ImageSettingForm` verwendet. Die Klasse `AboutForm.java` liefert Informationen zu der Software, wie z.B. die Versionsnummer. Zusätzlich existieren noch die

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

Klasse `WarningForm.java` zur Meldung von aufgetretenen Fehlern und die Klasse `Properties.java`, um Benutzereinstellungen in einer Property-Datei zu speichern bzw. um gespeicherte Einstellungen zu lesen.

Der Timer `timerCapt` nimmt in einem einstellbaren Zeit- oder Raumraster Videobilder auf. Er bindet dazu das ActiveX-Control `VideoCap.ocx` zur Ansteuerung der Frame-Capture-Karte ein. Gleichermäßen existiert für das Auswerten und Speichern analoger, elektrischer Spannungen der Timer `timerIO` zur Verfügung, der das ActiveX-Control `A822Control2.ocx` verwendet.

Des weiteren existieren die Klassen `INOUTForm`, `Editor` und `GISEXF` zur GIS-Datentransformation. Alle Klassen außer von `VideoCapCtl` und `IOForm2` gehören zum J++-Projekt `VideoCapture`. `VideoCapCtl` ist in C++ geschrieben und bildet den Kern des ActiveX-Controls `VideoCap.ocx`. Die C++-Klassen sind im Visual Studio-Projekt `VideoCap` zusammengefaßt. Analog dazu existiert im ActiveX-Control `A822Control2.ocx` die Kernklasse `IOForm2`. Das Modul zur Ansteuerung der Multi-IO-Karte wurde in Visual Basic realisiert, da der Hersteller Visual Basic-Beispielcodes anbietet. Für den Visual Basic-Code wurde das Visual Studio-Projekt `A822Control2` angelegt. Die Softwareprojekte mit allen Programmquelltexten sind dieser Arbeit als Diskette beigelegt.

Ein detaillierterer Blick in den internen Programmablauf der einzelnen Module ist aus Gründen der Übersichtlichkeit im Anhang, Abschnitt 12.4 zu finden. Dort werden einige bedeutende Konstanten, Membervariablen

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

und Methoden der wichtigsten Klassen und Module in tabellarischer Form erläutert.

3.3.4. Benutzeroberfläche

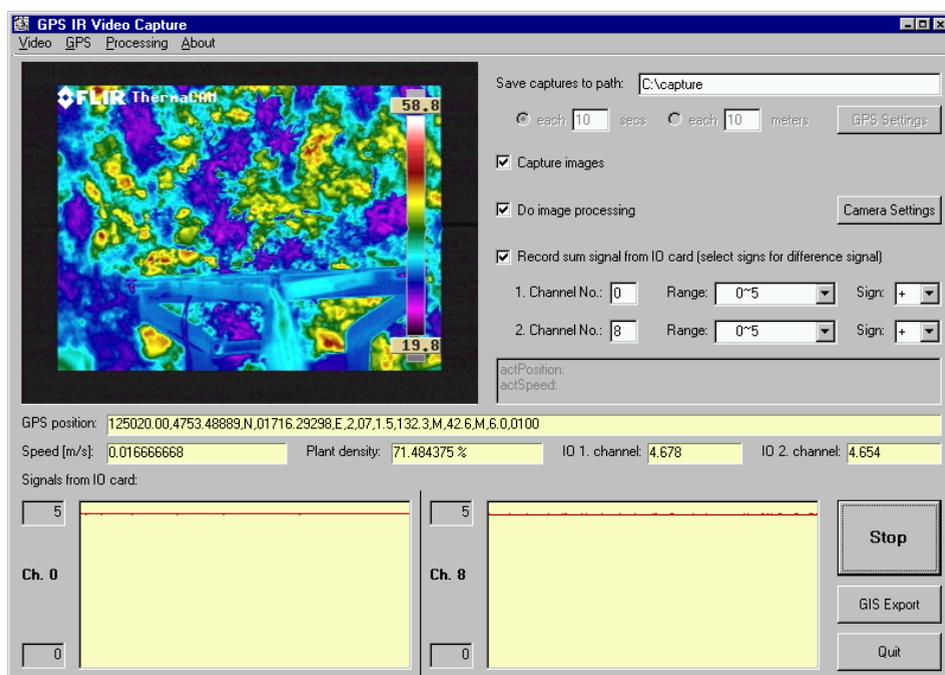


Abbildung 53: VideoCaptureForm

Die Benutzeroberfläche setzt sich aus den vier Klassen VideoCaptureForm.java, SettingForm.java, AboutForm.java, WarningForm.java und Properties.java zusammen. Beim Starten des Programmes wird das Fenster VideoCaptureForm ausgeführt (Abbildung 53). Im Fenster kann ein laufender Videopreview angezeigt werden. Um den ausführenden Computer nicht unnötig zu belasten, kann als Alternative zum Videopreview

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

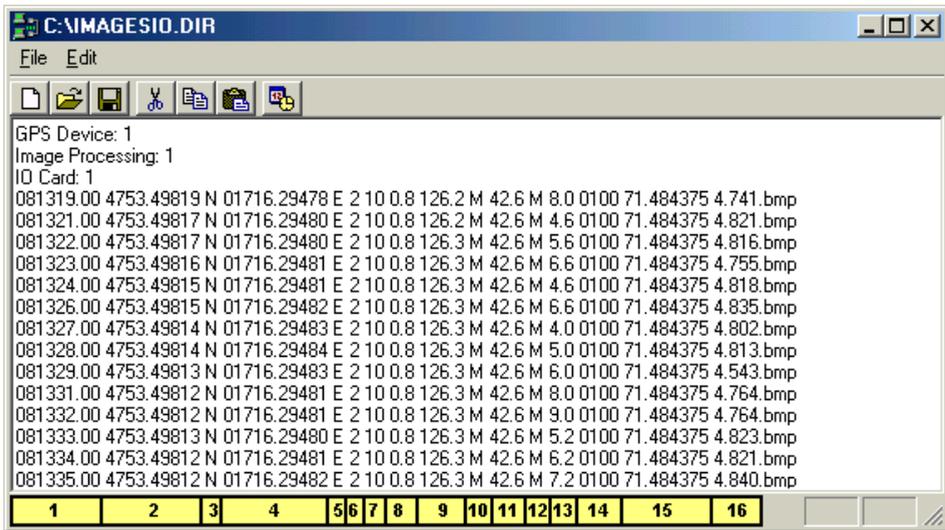
eine Darstellung der aufgenommenen Bilder aktiviert oder auf sämtliche Bildausgaben verzichtet werden. Die Infrarotbilder werden selbst bei deaktivierter Vorschau kontinuierlich durch den Timer timerCapt aufgezeichnet. Unter dem Videofenster sind die aktuellen GPS-Daten dargestellt, aus denen sich direkt die Position des Bildes ablesen läßt. In der Zeile unter den GPS-Daten wird die aktuelle Geschwindigkeit des landwirtschaftlichen Fahrzeuges angezeigt, falls der GPS-Empfänger diese Information liefert. Bei eingeschalteter Bildanalyse wird die momentane Pflanzendichte des Videobildes ausgegeben. Die beiden Felder „IO 1. Channel“ und „IO 2. Channel“ geben die aktuellen Meßwerte wieder, welche die Multi-IO-Karte empfangen hat. Unter den Meßwertfeldern sind die Spannungsverläufe der beiden Kanäle in Graphikform dargestellt.

Mit Hilfe eines Eingabefeldes rechts neben dem Videobild kann der Pfad für die aufgezeichneten Bilder festgelegt werden. Wenn eine Geschwindigkeitsmessung möglich ist, kann zwischen zwei Arten von Aufnahmerastern gewählt werden. Es kann entweder ein Zeitraster in Sekunden oder ein geographisches Raster in Metern angegeben werden. Für das vorliegende Laborsystem ist nur eine Bildaufnahme mit einem Zeitraster möglich, da der GPS-Empfänger keine Informationen über die Geschwindigkeit des Fahrzeuges liefert. Das Feldsystem, welches im Abschnitt 3.4 beschrieben wird, beinhaltet den GPS-Empfänger DGPS MAX, der auch die Geschwindigkeit des Traktors liefert. Mit Hilfe des „GPS Settings“-Knopfes in der rechten oberen Ecke der Benutzeroberfläche kann eine Auswahl des GPS-Empfängertypes getroffen und dessen Parameter gesetzt werden.

Durch das Setzen des Hakens bei „Capture Images“ wird die Bildaufzeichnung aktiviert. Bei eingeschalteter Bildaufzeichnung kann eine Bildanalyse zur Ermittlung der Pflanzendichte hinzugefügt werden. Die dritte Wahlmöglichkeit ist die Aufnahme von Summen- oder Differenzsignalen von der Multi-IO-Karte. Die Meßwerte können auch ohne laufende Bildaufzeichnung aufgenommen werden. Das Programm erzeugt in diesem Fall Dateien mit Dateinamen, die die GPS-Position, die GPS-Geschwindigkeit und die Meßwerte der Schnittstellenkarte beinhalten. Es können zwei Kanäle beobachtet werden, deren Kanalnummer und Meßbereich durch Auswahlfelder einstellbar ist. Ein Vorzeichen zur Verknüpfung der beiden Kanäle legt fest, ob die Summe oder die Differenz gebildet wird.

Über den „Start“-Knopf wird der Aufnahmeprozeß gestartet. Nach Betätigung des „Start“-Knopfes wechselt dessen Beschriftung in „Stop“. Nach dem Beenden des Bildaufnahmeprozesses können die GPS-Daten der Bilder bzw. Meßdaten, die sich in dem angegebenen Capture-Pfad befinden, über das GIS Exchange Format in eine GIS-Datentabelle konvertiert werden, die z.B. AGRO-MAP Basic einlesen kann. Zu diesem Zweck wird durch das Drücken des Knopfes „GIS Export“ eine Dateiliste für das aktuelle Bilderverzeichnis erstellt.

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



Erläuterung der Datenspalten: (1) UTC-Zeit in Stunden, Minuten, Sekunden, (2) geograph. Breite in Graden, Minuten und Dezimalminuten, (3) nördliche oder südliche Breite, (4) geograph. Länge in Graden, Minuten und Dezimalminuten, (5) östliche oder westliche Länge, (6) GPS-Qualität, (7) Anzahl der empfangenen Satelliten, (8) HDOP, (9) Höhe über N.N., (10) Einheit der Höhe, (11) Geoidaler Unterschied, (12) Einheit des geodialen Unterschiedes, (13) Alter der letzten Korrekturdaten durch die Referenzstation [s], (14) Identifikationsnr. der Referenzstation, (15) Pflanzendichte [%], (16) elektrische Spannung [V]

Abbildung 54: Dateiliste der Bilder für den GIS Export

Die Dateiliste besitzt die Endung „dir“ und befindet sich im Verzeichnis über dem aktuellem Bildverzeichnis. Um bei einer eventuellen zweiten Erstellung einer Dateiliste eine Vermischung mit den Bilddateien zu vermeiden, wird die Dateiliste absichtlich in das übergeordnete Verzeichnis geschrieben. Im Kopf der Dateiliste befinden sich Informationen zum eingesetzten GPS-Empfängertyp, zur Bildanalyse und zur Verwendung der Multi-IO-Karte. Nach der Auswahl von „GIS Export“ wird die GISEXF-Applikation gestartet, und die Dateiliste kann in eine GIS-Datentabelle transformiert werden. Im GISEXF-Dialog kann die Quelldatei editiert werden, um eventuelle Korrekturen in der Dateiliste vorzuneh-

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

men. Der Dateiname für die Zieldatei kann ausgewählt und die transformierte Datei kann ebenfalls editiert werden (Abbildung 55).

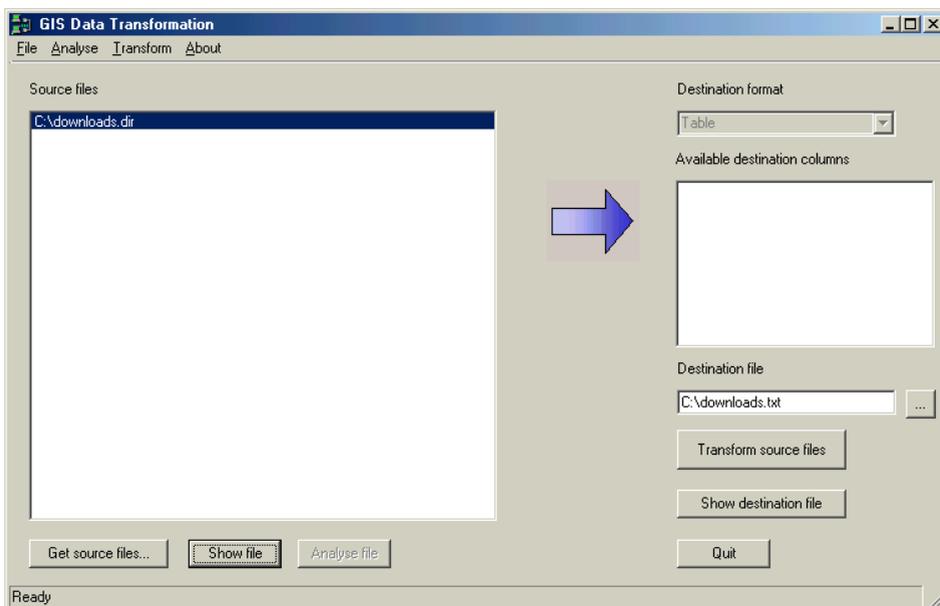
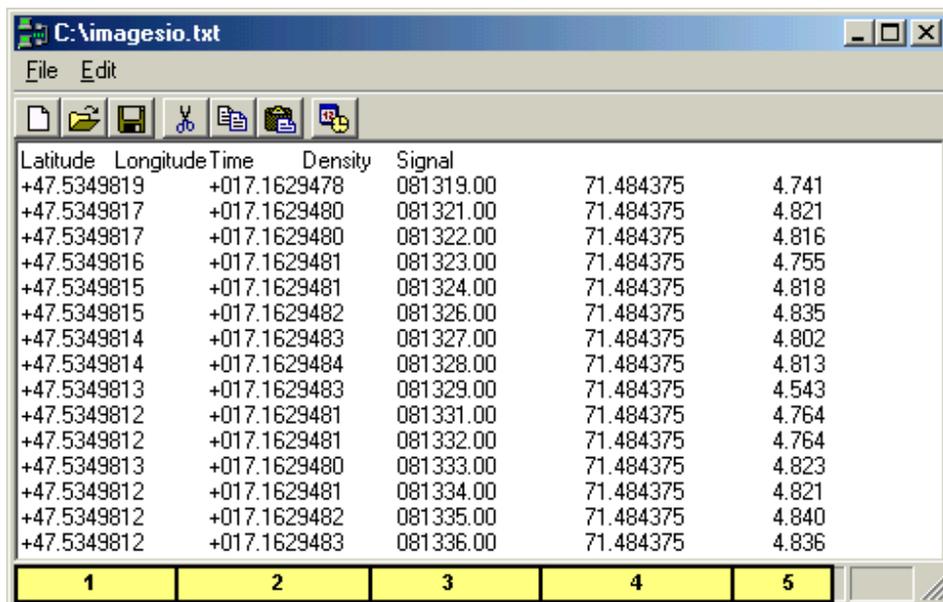


Abbildung 55: GIS-Applikation für den Datenexport

Die Transformation der Dateiliste ergibt folgende Datentabelle:

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



Latitude	Longitude	Time	Density	Signal
+47.5349819	+017.1629478	081319.00	71.484375	4.741
+47.5349817	+017.1629480	081321.00	71.484375	4.821
+47.5349817	+017.1629480	081322.00	71.484375	4.816
+47.5349816	+017.1629481	081323.00	71.484375	4.755
+47.5349815	+017.1629481	081324.00	71.484375	4.818
+47.5349815	+017.1629482	081326.00	71.484375	4.835
+47.5349814	+017.1629483	081327.00	71.484375	4.802
+47.5349814	+017.1629484	081328.00	71.484375	4.813
+47.5349813	+017.1629483	081329.00	71.484375	4.543
+47.5349812	+017.1629481	081331.00	71.484375	4.764
+47.5349812	+017.1629481	081332.00	71.484375	4.764
+47.5349813	+017.1629480	081333.00	71.484375	4.823
+47.5349812	+017.1629481	081334.00	71.484375	4.821
+47.5349812	+017.1629482	081335.00	71.484375	4.840
+47.5349812	+017.1629483	081336.00	71.484375	4.836

Erläuterung der Datenspalten: (1) geograph. Breite in Graden, Minuten und Dezimalminuten, (2) geograph. Länge in Graden, Minuten und Dezimalminuten, (3) UTC-Zeit in Stunden, Minuten, Sekunden, (4) Pflanzendichte [%], (5) elektrische Spannung [V]

Abbildung 56: Transformierte Dateiliste

In AGRO-MAP Basic lassen sich die Meßpunkte der Bilder räumlich visualisieren:

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

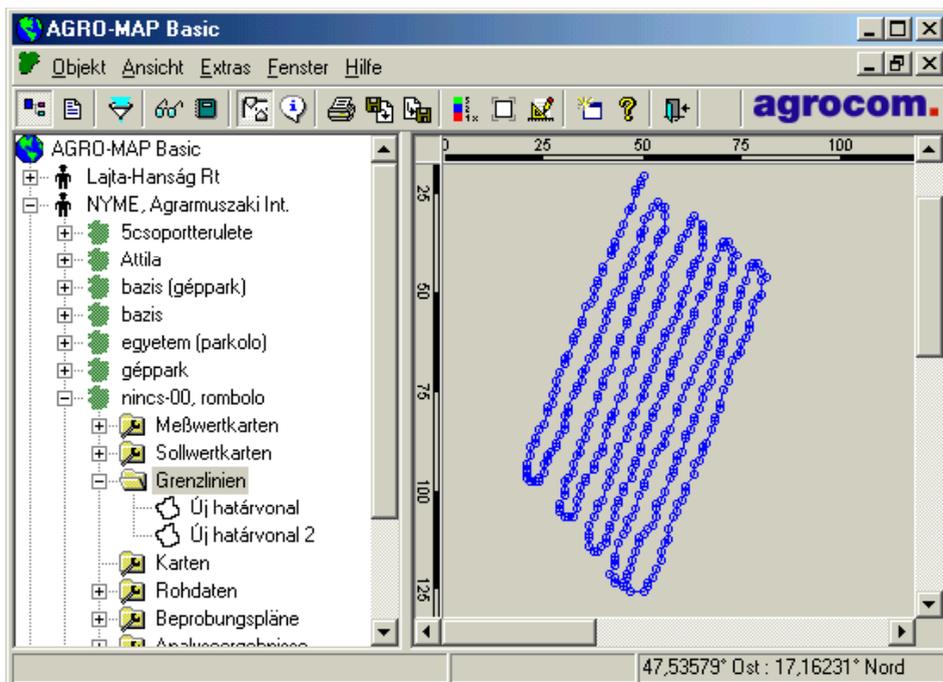


Abbildung 57: Lage der Bildmeßpunkte in AGRO-MAP Basic

Die VideoCaptureForm verfügt über die drei Menüs „Video“, „GPS“ und „About“ (Abbildung 58).

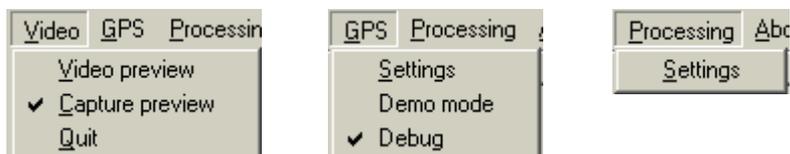


Abbildung 58: Menüs von VideoCaptureForm

Über das Videomenü lassen sich der Video- bzw. der Capturepreview ein- und ausschalten und die Applikation beenden. Im GPS-Menü kann ein GPS-Empfänger ausgewählt und die Einstellungen zum seriellen

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

Anschluß des GPS-Gerätes vorgenommen werden (Abbildung 59). Es stehen die drei GPS-Typen: Agrocom ACT-Unit, CIS Wireless DGPS MAX und LandStart MK IV zur Verfügung.

Bei Aktivierung des GPS-Demomodus werden keine GPS-Daten von der seriellen Schnittstelle ausgelesen, sondern es wird eine feste GPS-Datensequenz ausgewertet und mit der aktuellen Zeit versehen. Durch das Einschalten des Debug-Modus können in einem Extrafenster die GPS-Pufferdaten beobachtet werden.

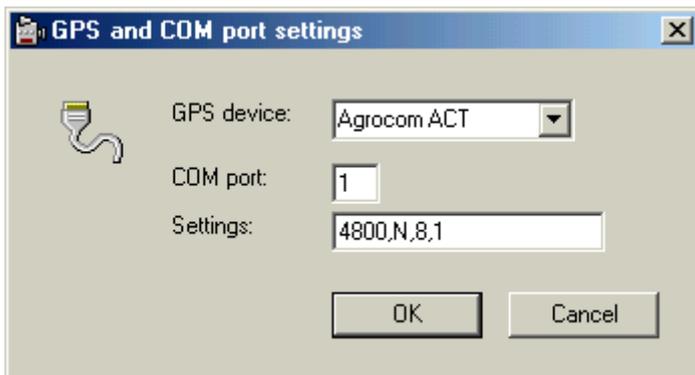


Abbildung 59: SettingForm

Um die Parameter für die Bildverarbeitung einstellen zu können, existiert im Menü „Processing“ der Unterpunkt „Settings“. Er startet die Image-SettingForm, in welcher der Kameratyp, die zu untersuchende Farbkomponente eines aufgenommenen Bildes, der Schwellwert für die Unterscheidung von Boden und Pflanze und die Auflösung spezifiziert werden können.

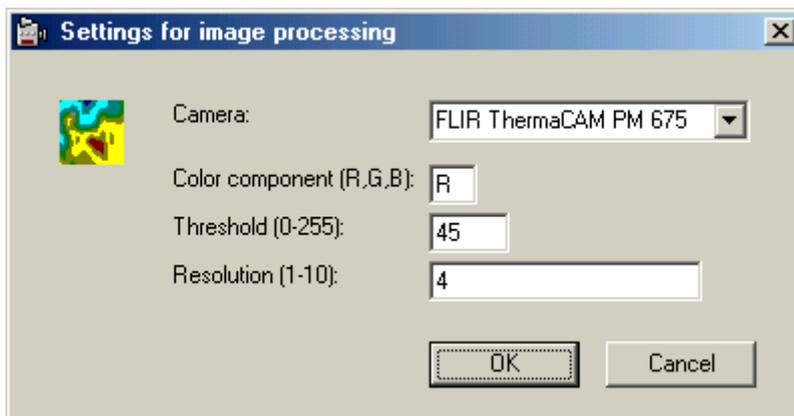


Abbildung 60: ImageSettingForm zur Einstellung der Kamera- und Bildverarbeitungsparameter

Die Software unterstützt die beiden Kameratypen ThermoCAM von FLIR und KP-C550 von Hitachi. Als Farbkomponente kann „R“ (rot), „G“ (grün) oder „B“ (blau) ausgewählt werden. Für die IR-Kamera hat sich die Rot-Komponente und für die CCD-Kamera die Blau-Komponente als besonders geeignet herausgestellt. Der Schwellwert muß zwischen 0 und 255 liegen. Er variiert stark von Kamera zu Kamera. Für die IR-Kamera ist ein Wert von 2 empfehlenswert, für die CCD-Kamera ein Wert von 120. Für die Auflösung muß ein Wert größer als 0 verwendet werden. Je höher der Auflösungswert ist, desto schneller wird das Bild verarbeitet. Eine Auflösung von 1 bedeutet, daß alle Bildpunkte berücksichtigt werden. Die Analyse dauert in der vollen Auflösung ca. 1,5 sec, so daß eine geringere Auflösung zu empfehlen ist, wenn eine schnelle Bildfolge aufgezeichnet werden soll. Ein Wert von 4 liefert sehr gute Ergebnisse und eine Zeit von ca. 0,1 sec.

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

Die Aboutbox stellt eine Beschreibung und eine Information zur Version der Software dar (Abbildung 61).

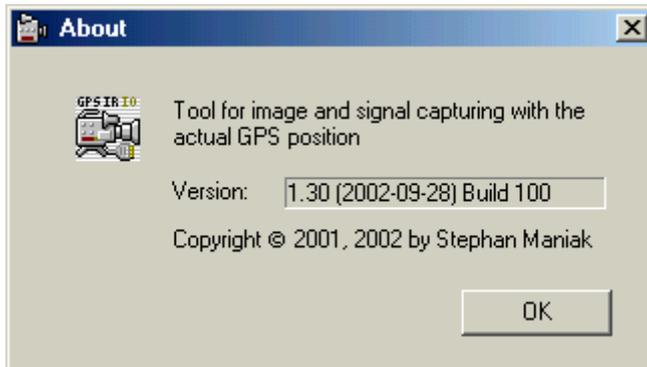


Abbildung 61: AboutForm

3.4. FELDEXPERIMENTE

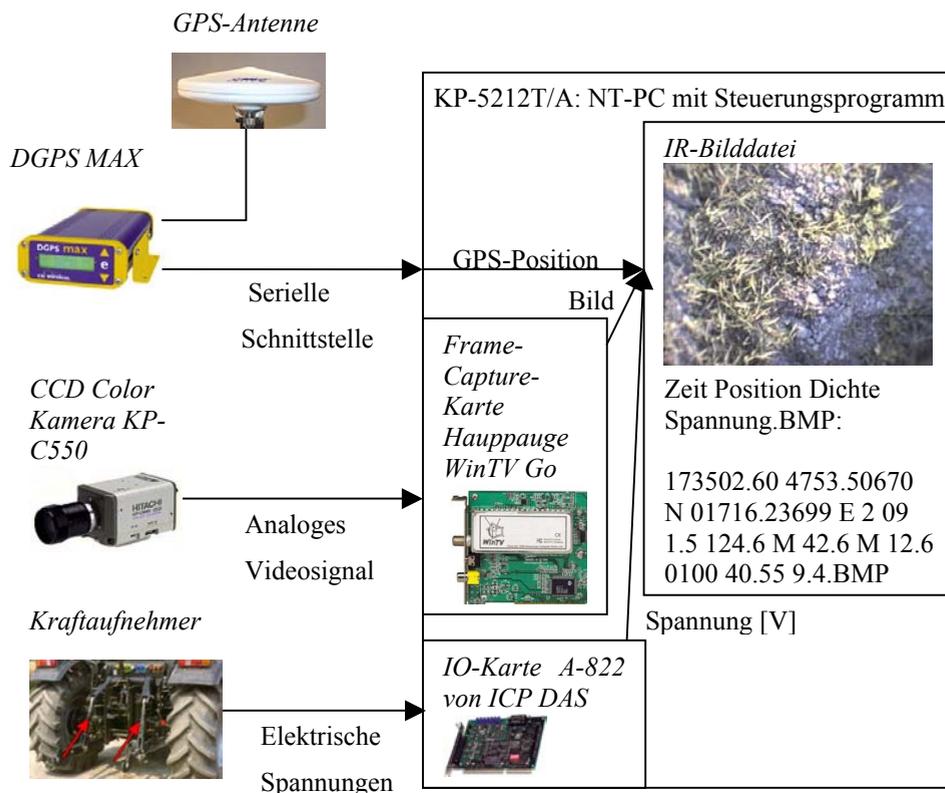


Abbildung 62: Aufbau des Feldsystems

Für den Feldeinsatz wurde ein tragbarer Computer vom Modell KP-5212T/A angeschafft, der den physikalischen Belastungen eines Feldeinsatzes standhält (Abbildung 88 im Anhang). Der NT-PC verfügt über vier PCI-Einsteckplätze, so daß die interne Frame-Capture-Karte WinTV Go

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

und die Multi-IO-Karte A-822PGL problemlos eingebaut und installiert werden konnten.

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 (Engelke, 2000, 2002; Wartenberg, 2001; Droll, 2001).

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

3.4.1. Experiment 1: Aufzeichnung von CCD-Bildern mit Online-Bildanalyse

Im Feldexperiment 1 wurde die CCD-Kamera KP-C550 von Hitachi eingesetzt. Sie benötigt eine 12V-Stromversorgung, die aus dem PC-Netzteil hergestellt wurde. Des weiteren verfügt die Kamera über einen automatischen Weißabgleich und hat eine Bildauflösung von 721x584 Pixel (PAL). Bei einer Montagehöhe von 4 m beträgt die Aufnahmefläche ca. 4 m². Eine Vergrößerung der Aufnahmefläche kann durch die Wahl eines Weitwinkelobjektives bzw. durch eine Erhöhung der Kameraposition erreicht werden.



Abbildung 63: Montage der Kamera

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

Für den Feldeinsatz wurde an der Vorderseite des Traktors ein vertikales Eisenrohr befestigt, das die Kamera trägt (Abbildung 63). Störungen wie z.B. die Vibration der Maschine oder das Schwanken der Konstruktion durch Unebenheiten des Untergrundes waren geringer als erwartet, so daß relativ scharfe Bilder aufgenommen werden konnten.

Als GPS-Empfänger wurde der DGPS MAX von CIS Wireless eingesetzt (Abbildung 87 im Anhang). Mit Hilfe dieses GPS-Receiver konnte auch die Geschwindigkeit des Traktors ermittelt werden, so daß Aufnahmen in einem Raumraster möglich waren. Dabei verwendet der Receiver die GPS-Sequenz \$GPVTDG. Eine ausführliche Beschreibung ist im Abschnitt 3.3.2.1 zu finden. Als Variante wurde auch die ACT-Unit von Agrocom getestet. Hier konnten aber, wie bereits oben erläutert, keine Bilder in einem räumlichen Raster aufgenommen werden.

Im Kapitel „Ergebnisse der Feldexperimente“ wird eine Pflanzendichte-karte vorgestellt, die aus Bildern bei einer Geschwindigkeit des Traktors von 2m/s und einer Frequenz von einem Bild pro Sekunde berechnet wurde.

Der Algorithmus zur Trennung von Pflanzen und Boden in den aufgenommenen Bildern wird im Abschnitt 3.4.2.1 erklärt.

3.4.2. Experiment 2: Aufzeichnung von Infrarotbildern mit Online-Bildanalyse

Im Feldexperiment 2 wurde anstelle der CCD-Kamera KP-C550 die FLIR-Infrarotkamera an der Kamerahalterung montiert. Die IR-Kamera benötigt keine externe Stromversorgung, da sie über einen Akku verfügt. Die Kamera muß vor dem Gebrauch auf den Temperaturbereich des Feldes manuell kalibriert werden, um brauchbare Ergebnisse zu liefern. Zur Kalibrierung richtet man die Kamera auf das Feld und löst über ein internes Kameramenü die automatische Kalibrierung aus.

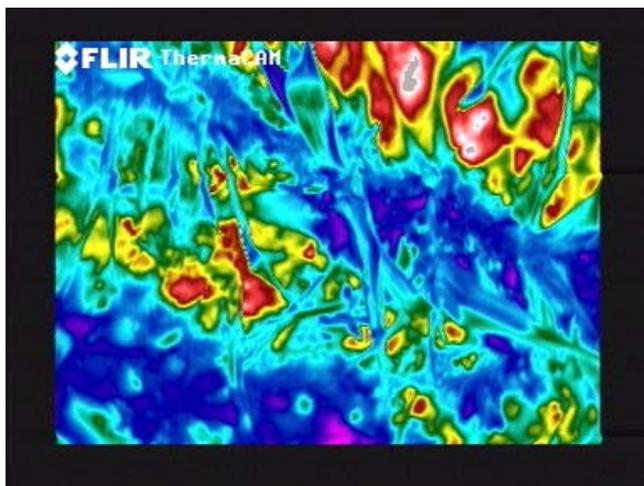


Abbildung 64: Infrarotbild eines Feldes

Der schwarze Rahmen wird vor der Bildanalyse entfernt (Abbildung 64). Die Rahmenbreite wird über die Kameraparameter im GPS-Video-Programm eingestellt. Außerdem muß der Schwellwert zur Unterscheidung von Pflanzen und Hintergrund nach jeder Kalibrierung neu eingestellt

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

werden. Der optimale Schwellwert kann über das im nächsten Abschnitt beschriebene Optimierungsprogramm berechnet werden.

3.4.2.1. Optimierung der Parameter für die Online-Bildanalyse

Zur Trennung von Boden und Unkraut wird im Online-System eine Farbkomponente mit einer Entscheiderschwelle verwendet. Das Verfahren muß aufgrund des Online-Einsatzes einfach gehalten werden, um die erforderlichen Berechnungen in einem Bildaufnahmezyklus durchführen zu können. Auf dem Feldcomputer benötigt die Analyse ca. 200 Millisekunden. Die Entscheiderschwelle kann Werte zwischen 0 und 255 annehmen, was gleichzeitig den Wertebereich der einzelnen Farbkomponenten darstellt. Es werden alle Bildpunkte gezählt, die unterhalb des Schwellwertes liegen und mit der Anzahl aller Bildpunkte verglichen. Daraus läßt sich der durch Pflanzen bedeckte Bildteil berechnen.

Um die geeignetste Farbkomponente mit dem optimalen Schwellwert zu ermitteln, wurde ein Optimierungsprogramm geschrieben (Abbildung 65). Das Optimierungsprogramm durchläuft sämtliche Farbkomponenten und Schwellwerte für bekannte Bilder. Bekannt bedeutet in diesem Zusammenhang, daß die Bilder manuell analysiert und mit einer Prozentzahl für den Pflanzenanteil gekennzeichnet wurden. Während des Optimierungsvorganges wird der ideale Pflanzenanteil mit dem errechneten Pflanzenanteil ständig verglichen und derjenige Schwellwert ermittelt, der der vorgegebenen Zahl am nächsten liegt. Neben der Optimierung kann auch eine Analyse der ausgewählten Bilddateien durchgeführt wer-

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

den, welche sich wie die Online-Analyse verhält. Der auszuwertende Bildbereich und die Auflösung während der Optimierung und Analyse läßt sich einstellen.

Die Optimierung erzeugt eine Ausgabedatei, in der für sämtliche Bilder mit sämtlichen Schwellwerten und in allen Farbkomponenten der Pflanzenanteil berechnet worden ist. Außerdem wird der optimale Schwellwert pro Farbkomponente ausgegeben. Auf Wunsch können auch die optimalen Schwellwerte für jedes einzelne Bild ohne Einbezug der anderen Bilder berechnet werden.

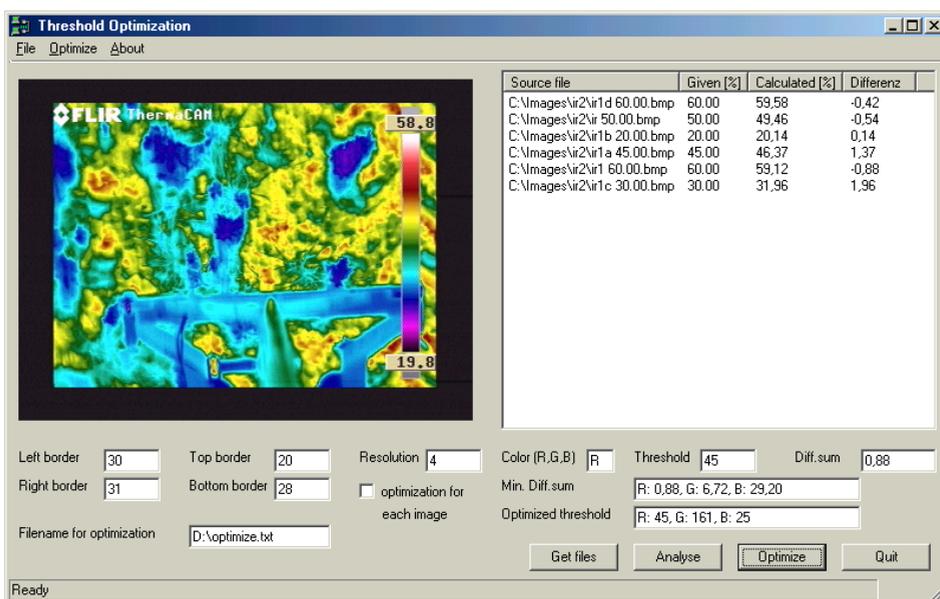


Abbildung 65: Optimierungsprogramm für die Bildanalyse

Die obige Optimierung für Infrarotbilder des Feldexperimentes 2 ergibt folgendes Ergebnis:

Farbkomponente	Optimaler Schwellwert	Mittlere Abweichung vom idealen Pflanzenanteil in %
R	45	0,88
G	161	6,72
B	25	29,20

Tabelle 5: Optimierte Parameter für die IR-Bildanalyse

Aus der obigen Tabelle läßt sich für die IR-Bildanalyse ein optimaler Schwellwert von 45 für die rote Farbkomponente ablesen. Dabei beträgt die mittlere Abweichung von den Optimalwerten des Pflanzenanteiles nur 0,88%. Die ausführliche Analyse aller Farbkomponenten und aller Schwellwerte zeigt Abbildung 66.

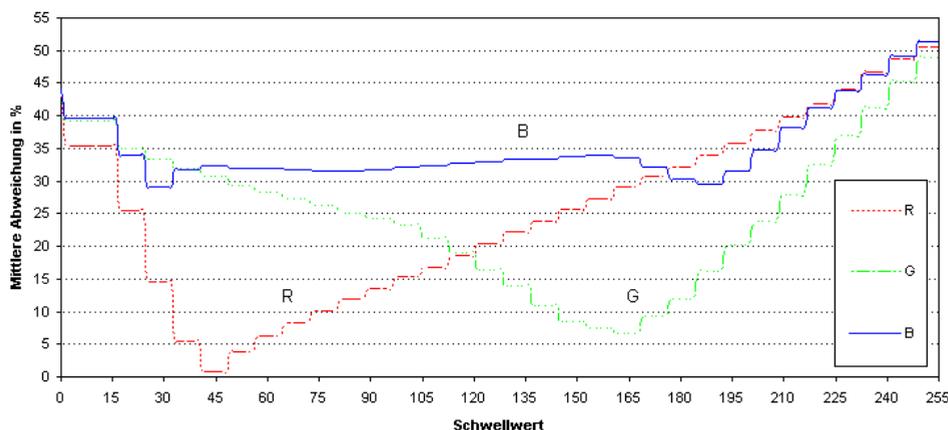


Abbildung 66: Analyse der Farbkomponenten und Schwellwerte für IR-Bilder

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

Bei der Optimierung der CCD-Bildanalyse (Feldexperiment 1) zeigt sich eine deutlich schlechtere Unterscheidung von Boden und Pflanzen. Im Vergleich mit den Optimalwerten des Pflanzenanteiles besteht eine mittlere Abweichung von 13,10%. Der optimale Schwellwert liegt bei 129 für die blaue Farbkomponente.

Farbkomponente	Optimaler Schwellwert	Mittlere Abweichung vom idealen Pflanzenanteil in %
R	137	14,87
G	129	18,13
B	129	13,10

Tabelle 6: Optimierte Parameter für die CCD-Bildanalyse

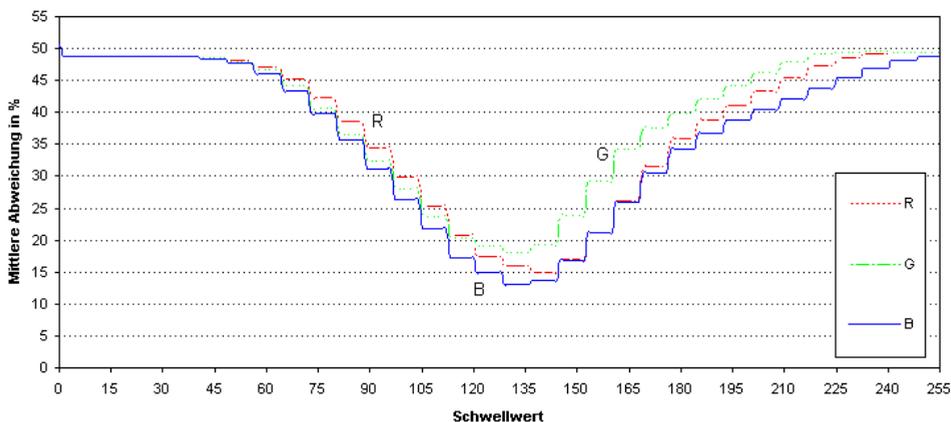


Abbildung 67: Analyse der Farbkomponenten und Schwellwerte für CCD-Bilder

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

Ein Verfahren zur Trennung von Pflanzen und Hintergrund wird in vielen Systemen der Präzisionslandwirtschaft eingesetzt, um den Pflanzenanteil im Bild besser analysieren zu können. Auch das von Y. Kim vorgestellte System zur Online-Analyse von Nitrogen-Streß bei Weizen beinhaltet diesen Arbeitsschritt. Es werden die drei verschiedenen Wellenlängen 550 nm, 650 nm und 800 nm betrachtet und Videobilder verwendet, um die Nitrogen-Analyse durchzuführen (Y. Kim et al., 2002). Für die Trennung von Pflanzen und Hintergrund werden alle drei Wellenlängen benötigt, die als Farbkomponenten angesehen werden können. Werden bei der obigen Optimierung des Schwellwertes alle Farbkomponenten eingesetzt, so bringt dies keine Verbesserung bei der Bildtrennung. Demnach könnte der Arbeitsschritt zur Trennung von Pflanzen und Hintergrund vereinfacht werden, indem die Analyse auf eine Wellenlänge reduziert wird.

3.4.3. Experiment 3: Aufzeichnung von CCD-Bildern mit einer 360°-Linse

Im Feldexperiment 3 wurde eine Panoramic Annular Lens (PAL) eingesetzt, welche eine kompakte 360°-Linse darstellt (Greguss, 2002, 2002a). Prof. Pal Greguss (Technical University Budapest, Department of Manufacture Engineering), Erfinder dieser PAL-Optik, stellte dem Institute of Agricultural, Food and Environmental Engineering ein Exemplar dieser Optik in Form eines Objektivaufsatzes für die CCD-Kamera zur Verfügung (Abbildung 68).

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

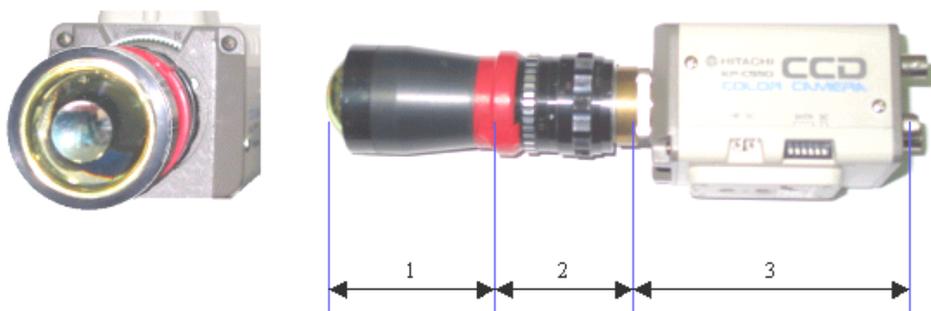


Abbildung 68: Front- und Seitenansicht des 360°-Systems (1: Panoramic Annular Lens, 2: Kollektorlinse, 3: CCD-Kamera)

Der Objektivaufsatz besteht aus der PAL-Optik und einer Kollektorlinse. Bei der PAL-Optik handelt es sich um ein Stück Glas, dessen Form durch zwei Ellipsoide bestimmt wird (Abbildung 69).

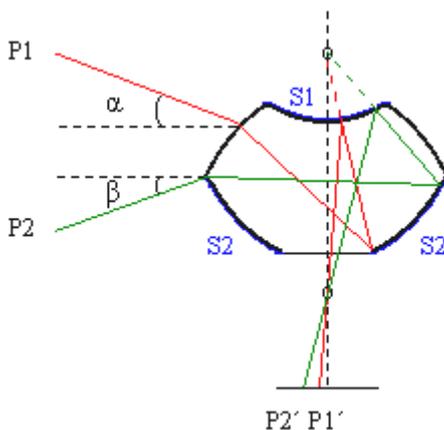


Abbildung 69: PAL-Geometrie

An der Oberseite befindet sich ein Spiegel S1 und an der Unterseite ein weiterer Spiegel S2. Einfallende Lichtstrahlen (P1, P2) werden nicht nur

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

bei ihrem Einfall in das Glasmedium gebrochen, sondern auch an den beiden krummen Spiegeln reflektiert. Der Spiegel S2 besitzt ein mittiges Loch, so daß die Strahlen (P1', P2') zur Kollektorlinse gelangen können. Durch die Lage des Spiegels S1 kommt es zu einer schwarzen Zone in der Bildmitte (Abbildung 70). Über die PAL-Optik wird horizontal ein Winkel von 360° und vertikal ein Winkel von 35° wahrgenommen, wobei der maximale Winkel α über dem Horizont 20° und β unter dem Horizont -15° betragen. Auf Grund der zweifachen Reflektion und zweifachen Brechung der einfallenden Lichtstrahlen scheint die Abbildungsvorschrift recht komplex zu sein. Sie kann durch die folgende Polartransformation beschrieben werden (Zhu et al., 2000):

$$\rho = \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2}, \quad \theta = \tan^{-1} \frac{y - y_0}{x - x_0} \quad (4)$$

Das PAL-Bild $I(x,y)$ besitzt dabei den Mittelpunkt (x_0,y_0) .

Die Polartransformation zur Umrechnung von PAL-Bildern wurde als Matlab-Programm implementiert (Abbildung 70).

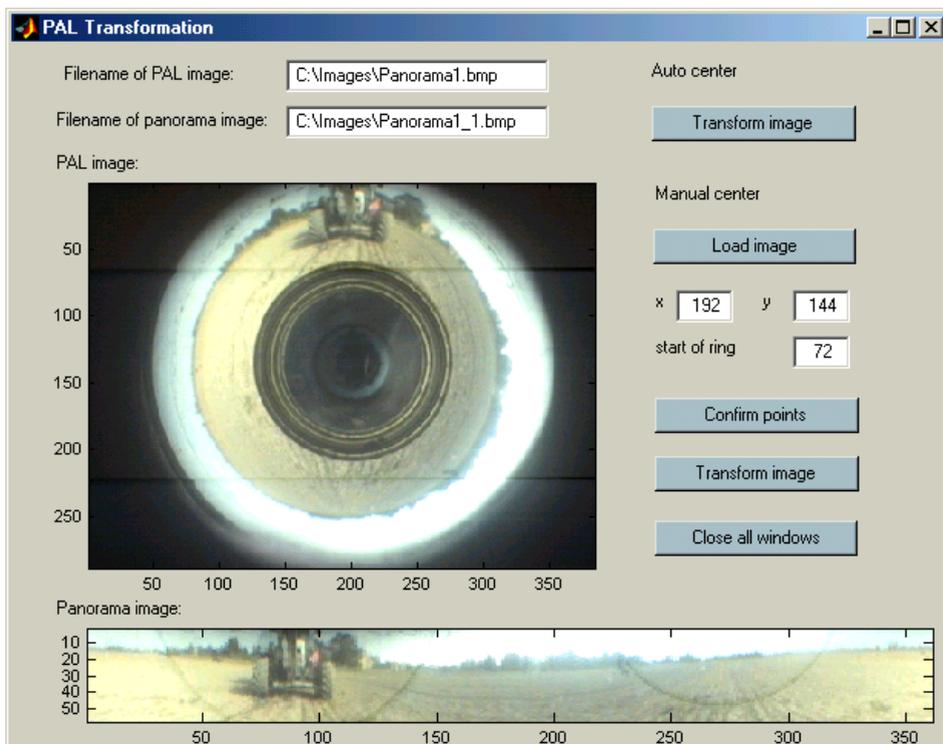


Abbildung 70: Programm zur Transformation von PAL-Bildern

Das Programm „PAL Transformation“ berechnet dabei vor der Transformation automatisch den Mittelpunkt der PAL-Aufnahme. Dazu wird im ersten Schritt die physikalische Bildmitte bestimmt. Anschließend werden von diesem Punkt aus in vertikaler Richtung die Bildpunkte gruppenweise untersucht, um das obere und das untere Ende des schwarzen Mittelkreises zu finden (grüne Linie). Durch Mittelwertbildung des oberen und des unteren Kreisesendes wird die y -Koordinate y_0 des PAL-Mittelpunktes ermittelt. In horizontaler Richtung wird genauso verfahren (rote Linie). Die blauen Linien stellen die Achsen des PAL-Bildes dar. Ihr Schnittpunkt hat die Koordinaten (x_0, y_0) .

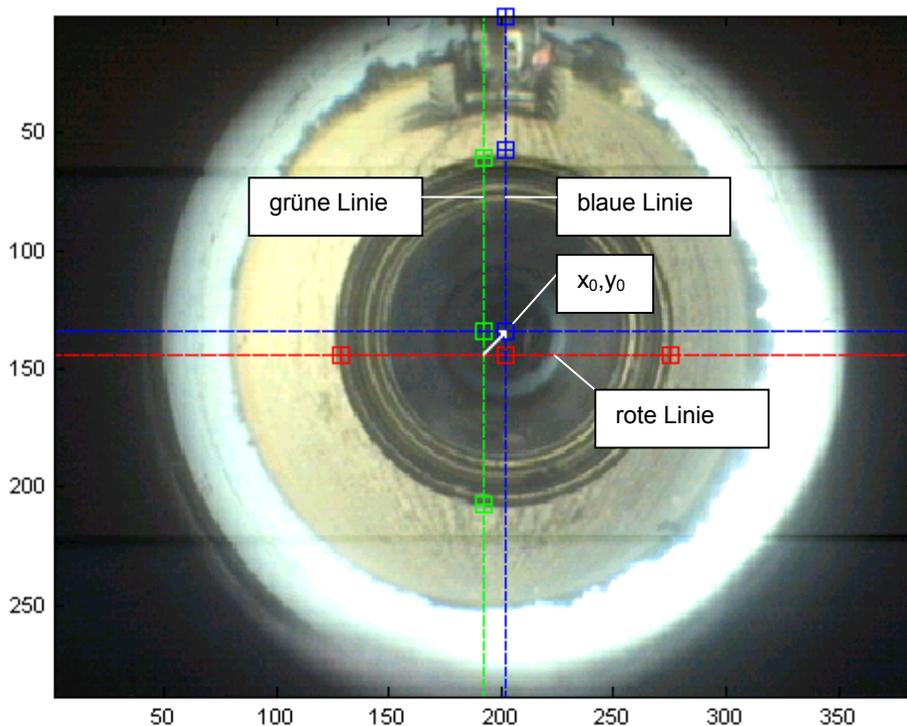


Abbildung 71: Bestimmung des Mittelpunktes (x_0, y_0) im PAL-Bild

Falls der Mittelpunkt nicht automatisch ermittelt werden kann, weil z.B. dunkle Bereiche unmittelbar an das Ende des schwarzen Mittelkreises anschließen, ist eine manuelle Eintragung der Koordinaten (x_0, y_0) möglich. Des weiteren kann auch die Breite des schwarzen Mittelkreises manuell eingestellt werden. Sie ist notwendig, um das transformierte Bild in der Breite zu begrenzen. Abbildung 72 zeigt das transformierte PAL-Bild ohne Begrenzung der Breite.

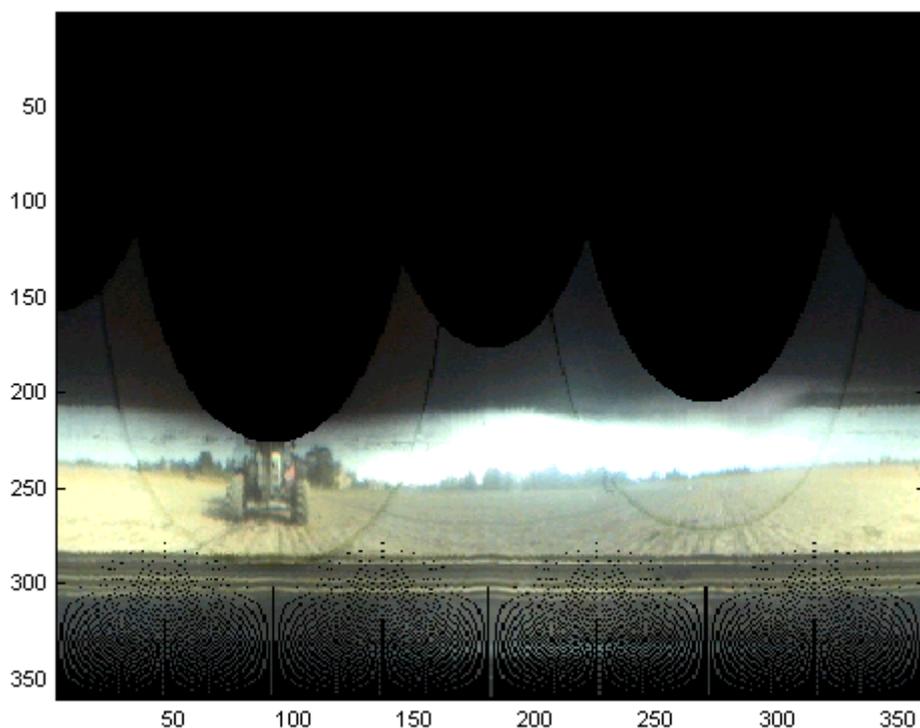


Abbildung 72: Transformiertes PAL-Bild ohne Begrenzung und Interpolation

Das Panoramabild zeigt am oberen und unteren Bildrand Artefakte, die von der Polartransformation stammen. Durch Begrenzung der Bildbreite lassen sich die Artefakte am oberen Bildrand eliminieren. Die Muster am unteren Rand stammen von einer Gradungenauigkeit während der Polartransformation. Es ist eine Interpolation notwendig, um die schwarzen Bildpunkte aufzufüllen (Abbildung 73). Im Matlab-Programm wird die Interpolation „Nächster Nachbar“ eingesetzt (Mesterházi et. al, 2003; Maniak et al., 2003).

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

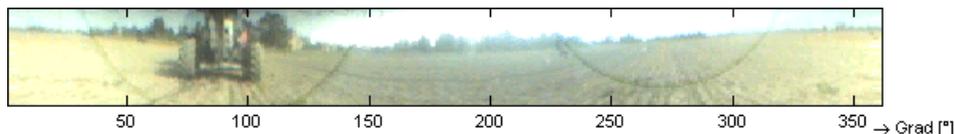


Abbildung 73: Transformiertes PAL-Bild mit Begrenzung und Interpolation

Aus der obigen Panoramaansicht läßt sich noch keine Pflanzendichtekarte berechnen. Dazu sind weitere Arbeitsschritte notwendig, die aufgrund von noch zu lösenden Problemen erst im Ergebnisteil (Abschnitt 4.3) beschrieben werden sollen.

3.4.4. Experiment 4: Durchführung einer Zugkraftmessung zur Bodenkartierung

Um die Bodenfestigkeit zu messen, wurden zwei Sensoren aus der Zugvorrichtung des Traktors eingesetzt, welche ab Werk eingebaut sind und über den CAN-Bus abgefragt werden können. Die Umwandlung der Zugkraft in eine elektrische Spannung erfolgt über zwei elektrische Spulen in jedem Sensor (Abbildung 74).

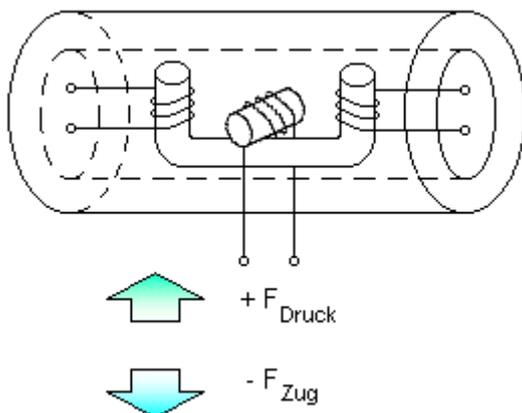


Abbildung 74: Zugkraftsensor

Der Meßbereich liegt zwischen -40 kN (Zug) und $+40$ kN (Druck), was einem Spannungsbereich von 0 bis 5 V entspricht. Die Spannung zeigt linear zur Kraft an. Über die Multi-IO-Karte wurde das Summensignal der zwei Sensoren während eines Bodenbearbeitungsvorganges auf dem Feld mit einer Frequenz von 20 Hz ausgelesen. Zum Ausgleich von Meßfehlern durch ruckartige Maschinenbewegungen wurde jeweils über 20 Meßwerte interpoliert, so daß pro Sekunde nur ein Meßwert aufgezeichnet wurde. Während der Wendemanöver an den Feldrändern wurde die Messung unterbrochen, da durch starke Verdichtungen große Seitenkräfte und damit große Meßfehler auftraten.

Eine Bodenfestigkeitskarte wird im Ergebnisteil (Abschnitt 4.4) vorgestellt.

4. ERGEBNISSE DER FELDEXPERIMENTE

4.1. 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 75).

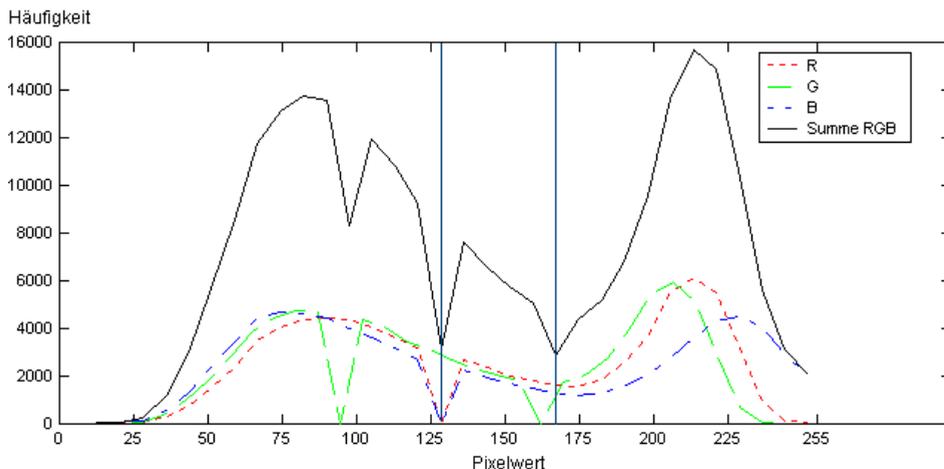


Abbildung 75: Analyse der Farbkomponenten als Histogramm

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 75 zu sehende Beispielbild.

Die matrix- bzw. bildorientierte Software Matlab eignet sich hervorragend, um Farbkomponenten und Histogramme zu analysieren. So zeigte in Experimenten mit der Matlab-Software die Blau-Komponente des Bildes am deutlichsten die Pflanzenanteile. Um eine Online-Bildanalyse durchzuführen, reicht die Geschwindigkeit von Matlab nicht aus. Außerdem ist eine Integration von Matlabalgorithmen in das Online-GPS-

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

System nicht ohne weiteres möglich. Deshalb wurde das mit Matlab entwickelte Verfahren in der Programmiersprache J++ hinsichtlich der Geschwindigkeit optimiert und in das GPS-Video-System eingebaut. Eine Analyse der Pflanzendichte der aufgenommenen Bilder benötigt ca. 200 Millisekunden. Dabei lassen sich verschiedene Parameter, wie der Kameratyp, die Bildränder, die zu untersuchende Farbkomponente, der Schwellwert für die Unterscheidung von Boden- und Pflanzenflächen und die Auflösung bei der Berechnung der Pflanzendichte einstellen.

Das Verfahren und die Optimierung der Parameter, insbesondere die Bestimmung eines Minimums zur Trennung von Pflanzen- und Untergrundflächen, wird im Abschnitt 3.4.2.1 näher erläutert. Das Ergebnis der Optimierung ist ein optimaler Schwellwert bei 129 für die blaue Farbkomponente. Dabei weist der berechnete Pflanzenanteil einen mittleren Fehler von 13,10% auf.

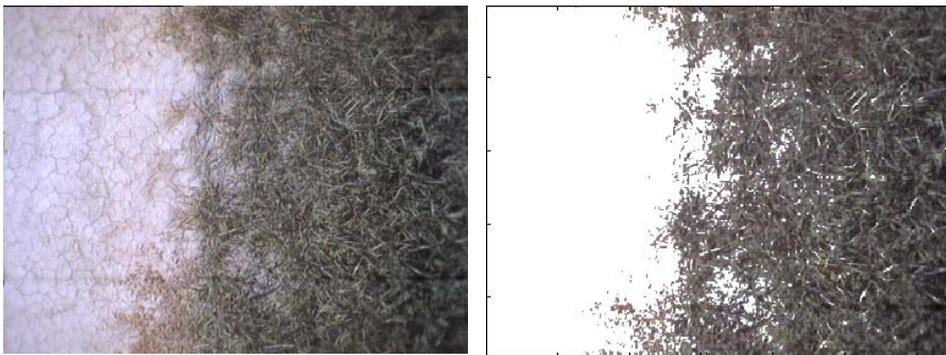


Abbildung 76: Aufnahme mit dem Feldsystem (links); Pflanzenanteil (rechts)

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

In Abbildung 76 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.

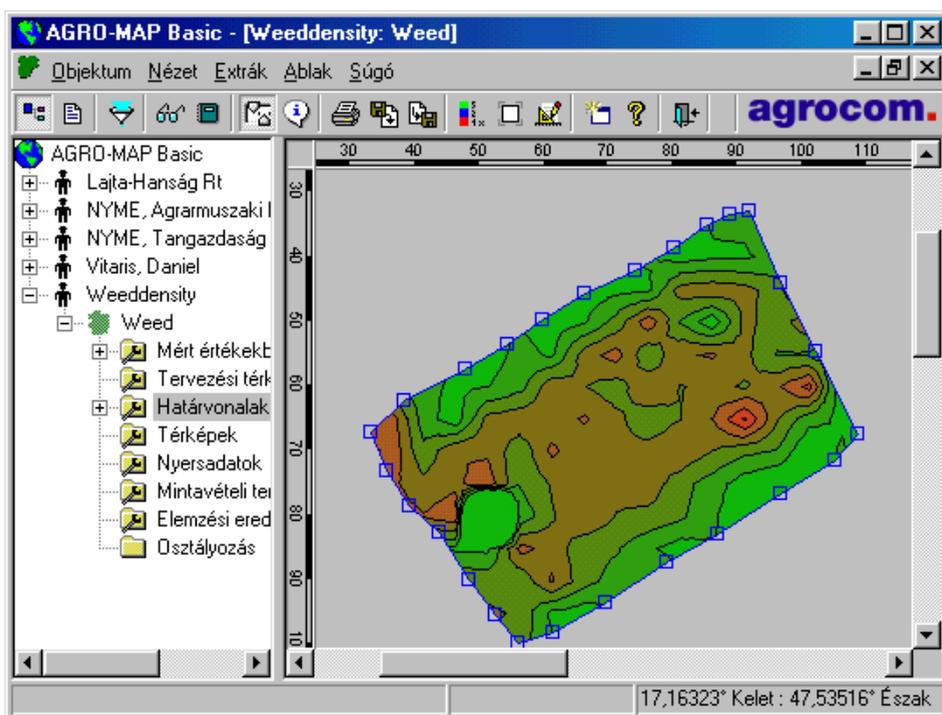


Abbildung 77: Pflanzendichtekarte

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

4.2. 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.

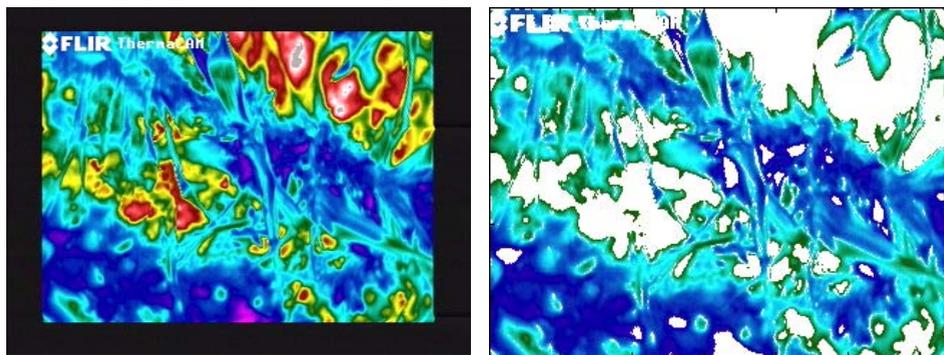


Abbildung 78: Infrarotaufnahme eines Unkrautfeldes

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 (Linke et al., 2000). 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. Im Kapitel 6.3 werden dazu verschiedene Möglichkeiten vorgeschlagen.

4.3. 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 recht-

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

eckigen Aufnahme Fenster, was einen weiteren Informationsverlust aufgrund des schwarzen Randes und des schwarzen, mittleren Kreises bedeutet (Abbildung 79).

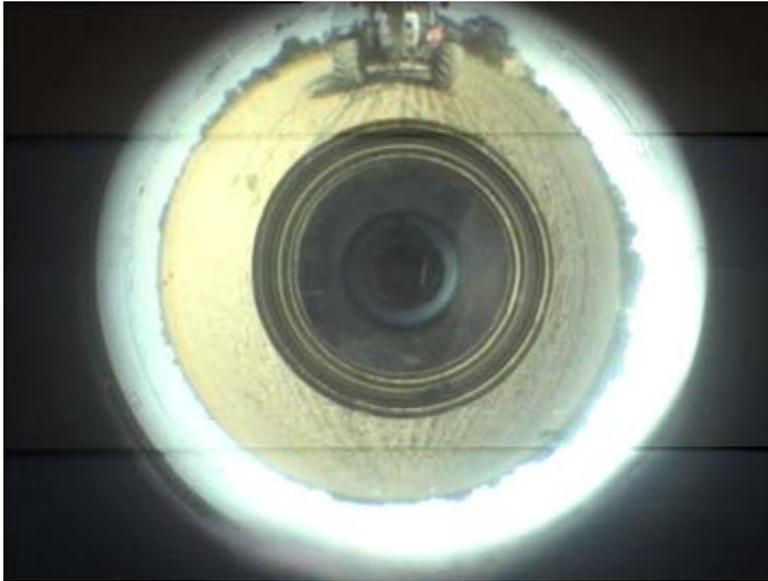


Abbildung 79: PAL-Bild des Versuchsfeldes

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 70). Das Programm und seine Bearbeitungsschritte sind im Abschnitt 3.4.3 bereits beschrieben worden.

Um einen optimalen Winkel der Kamera zur Erdoberfläche zu bestimmen, wurden PAL-Bilder in verschiedenen Kamerapositionen aufgenommen. Es konnte festgestellt werden, daß eine Kameraposition von 45° gegenüber dem Erdboden die beste ist, weil in dieser Position die größte Feldfläche gezeigt wird (Abbildung 80).

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

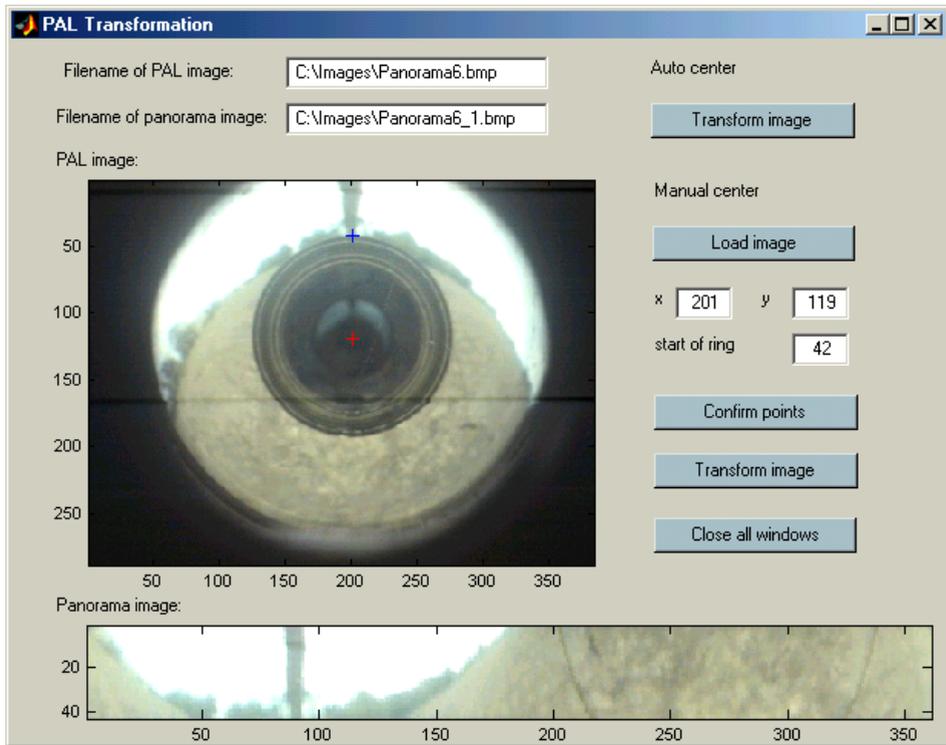


Abbildung 80: PAL-Bild mit einer 45°-Kameraposition

Das Ergebnisbild der Polartransformation stellt noch keine planare Feld-draufsicht 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.

4.4. 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

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

Wendemanöver an den Feldrändern 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 Mittelwertsfilter 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 81 zeigt eine Zugkraftkarte des Versuchsfeldes. Die roten Bereiche weisen eine höhere Bodenfestigkeit auf, die grünen bestehen aus lockerem Boden.

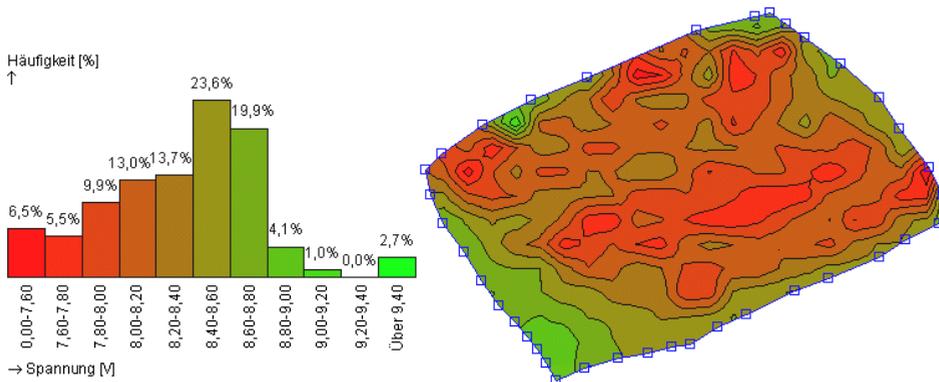


Abbildung 81: Bodenkartierung durch Zugkraftmessung

5. 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.

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

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.

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

- Mit Hilfe eines vom Autor entwickelten Optimierungsprogrammes kann der optimale Schwellwert zur Unterscheidung von Untergrund und Pflanze bestimmt werden.
 - Über eine Multit-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%.*

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

- 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 Infor- mationsmenge im Aufnahmefenster stark reduziert.

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

- 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.

6. VORSCHLÄGE FÜR WEITERFÜHRENDE FORSCHUNG

6.1. NEUE KONZEPTE FÜR BILDAUFNAHMESYSTEME

6.1.1. Integration weiterer Kameras

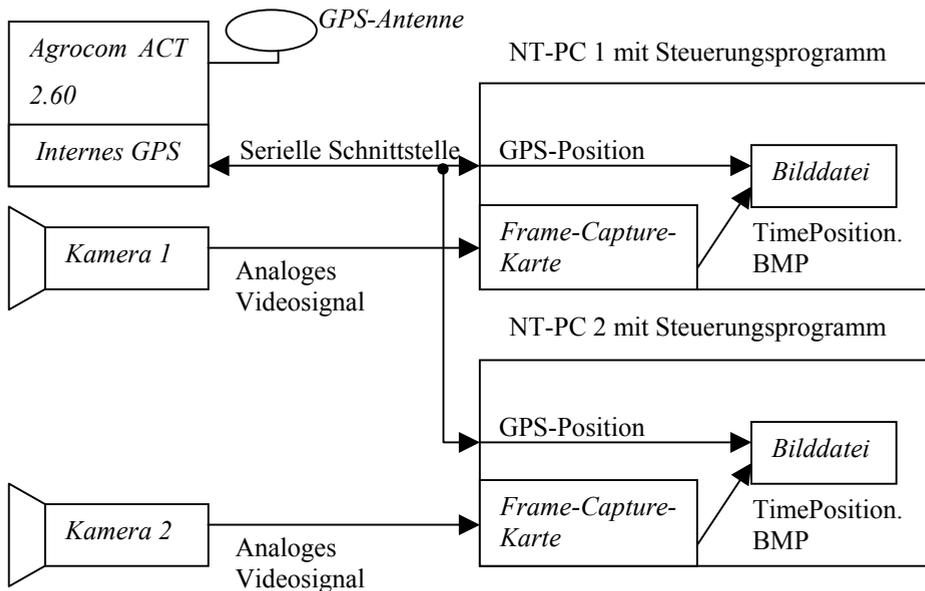


Abbildung 82: Aufbau eines Zwei-Kamera-Systems

Mit dem installierten Laborsystem ist es schon jetzt möglich, mit einem GPS-Empfänger zwei Computer mit eingebauter Frame-Grabber-Karte mit der aktuellen Zeit und GPS-Position zu versorgen. Das Betriebs-

system Windows NT akzeptiert nicht zwei parallel arbeitende Frame-Capture-Karten in einem Computer, so daß ein zweiter Steuerungscomputer notwendig wird.

6.1.2. Einsatz von Hubschrauber, Flugzeug oder Ballon

Eine weitere Möglichkeit zur Aufnahme von Videobildern aus der Luft ist der Einsatz von Hubschrauber, Flugzeugen oder Ballons bzw. von ferngesteuerten Modellen. Diese müßten mit einem Hochfrequenz-Sender zur Übertragung von Videobildern ausgestattet werden. Eventuell könnten HF-Repeater für den TV-Heimbedarf verwendet werden, um das Videosignal zu übertragen. Die GPS-Position wird über eine NF-Strecke übertragen. Die Zusammenführung und Verknüpfung der Bild- mit den Positionsdaten übernimmt ein stationärer Computer.

Die Verwendung eines Flugzeuges, Hubschraubers oder Ballons hätte den Vorteil, daß ein Arbeitsgang mit dem Traktor gespart werden könnte, da bei ausschließlicher Verwendung eines Traktors im ersten Arbeitsgang nur Daten gesammelt und erst im zweiten Arbeitsgang diese Daten für z.B. ein Pflanzensprühsystem verwendet werden würden. Ein Flugzeug hätte den weiteren Vorteil, daß Vibrationen des Traktors nicht vorhanden sind, die eventuell zu unscharfen Bildern führen würden.

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

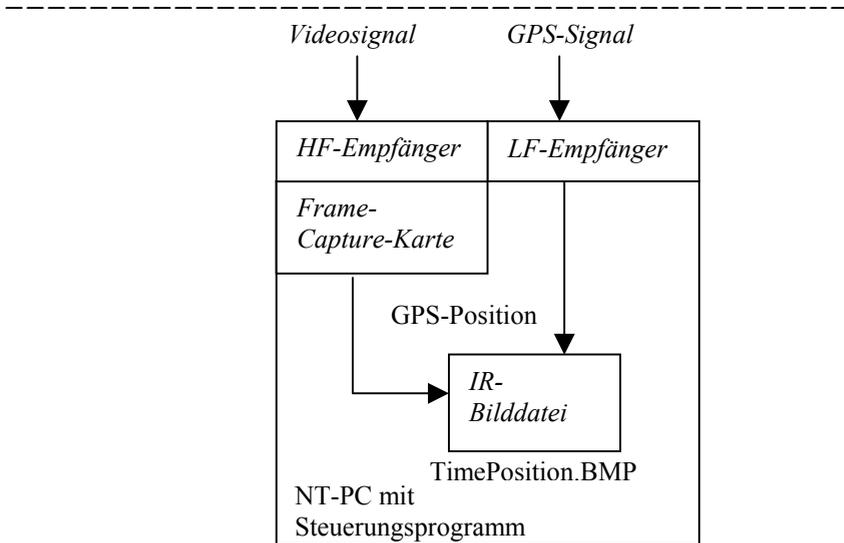
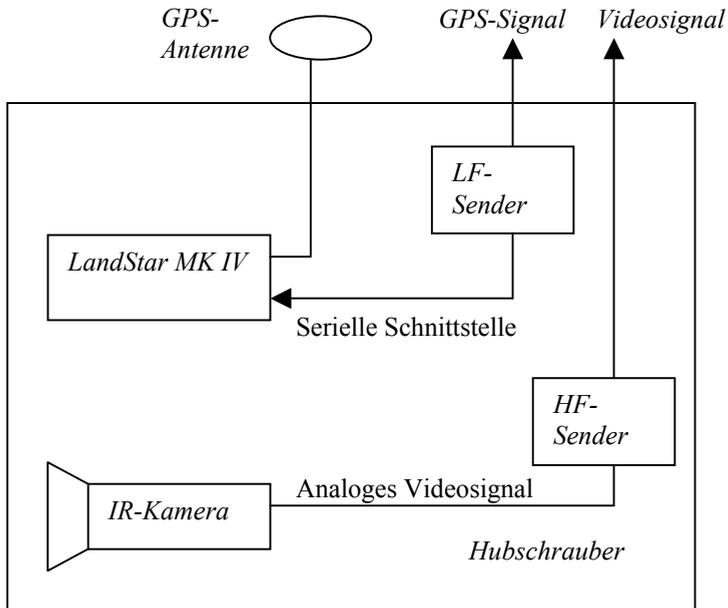


Abbildung 83: Ferngesteuerter Hubschrauber mit GPS-Kamera-System

Zur Zeit wird in Kentucky (USA) ein ferngesteuertes Flugzeug eingesetzt, um einen kostengünstigen Überblick des Feldes aus der Luft zu erhalten und so rechtzeitig Maßnahmen zur Pflanzenbehandlung einleiten zu können (Stombaugh et al., 2003). Das Verfahren ist nicht zur Erstellung einer positionsgenauen Luftansicht eines Feldes geeignet. Der an Bord montierte GPS-Empfänger dient lediglich der Höhenmessung, so daß die Feldfläche in Hektar berechnet werden kann. Durch den Einsatz eines Hubschraubers kann die GPS-Position besser genutzt werden, da ein Hubschrauber seine Position in der Luft relativ stabil halten kann. Wenn der Hubschrauber hoch genug fliegt, würden wenige Bilder genügen, um eine Aufnahme des gesamten Feldes zu bekommen. Durch eine lotrecht angebrachte Kamera könnten so Bilder mit genauer GPS-Position aufgenommen werden, die anschließend durch eine Bildanalyse in eine Applikationskarte umgerechnet werden könnten.

Dieses Verfahren kann als genauere und günstigere Variante zu Satellitenbildern gesehen werden, die ebenfalls u.a. im infraroten Spektralbereich arbeiten. Auf der Basis der IR-Karte eines Feldes könnte leicht eine Applikationskarte für einen Pflanzensprüher berechnet werden, wenn die Temperaturunterschiede der gesunden und der kranken Pflanzen ermittelt worden sind.

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

6.2. VERBESSERTER EINSATZ DER CCD-KAMERA ZUR ERSTELLUNG EINER PFLANZENDICHTEKARTE

Bei der Verwendung einer CCD-Kamera zur Erstellung einer Pflanzendichtekarte besitzt der berechnete Pflanzenanteil pro Bild einen mittleren Fehler von 13,10%. Dieser Fehler kann durch folgende Maßnahmen verbessert werden und so zu einer genaueren Pflanzendichtekarte führen:

- Einsatz eines NIR-Filters
- Befeuchten des Feldes vor der Aufnahme

Der Einsatz eines NIR-Filters, d.h. die Filterung des nahen Infrarotbereiches, könnte ähnliche Vorteile wie bei der Infrarotkamera bringen. Ein Befeuchten des Feldes vor der Aufnahme führt zu einem höheren Kontrast zwischen Untergrund und Pflanzen.

6.3. AUFBAU EINES SYSTEMS ZUR DYNAMISCHEN PFLANZENBEHANDLUNG ANHAND VON INFRAROTBILDERN

Das vorgestellte GPS-System kann um eine Komponente zur dynamischen Pflanzenbehandlung erweitert werden. Hierzu muß in der Zusammenarbeit von Biologen und Informatikern aus Videobildern eine Pflanzenbehandlung abgeleitet werden, die mit einem Pflanzensprüh-Mischersystem verbunden wird. Dazu müssen die Infrarotbilder in Echtzeit ausgewertet und die Sprühparameter bestimmt werden (Abbildung

84). Die Echtzeitauswertung wurde bereits im Abschnitt 3.4.1 beschrieben, indem als einfachster Fall die Pflanzendichte jedes Bildes bestimmt wurde.

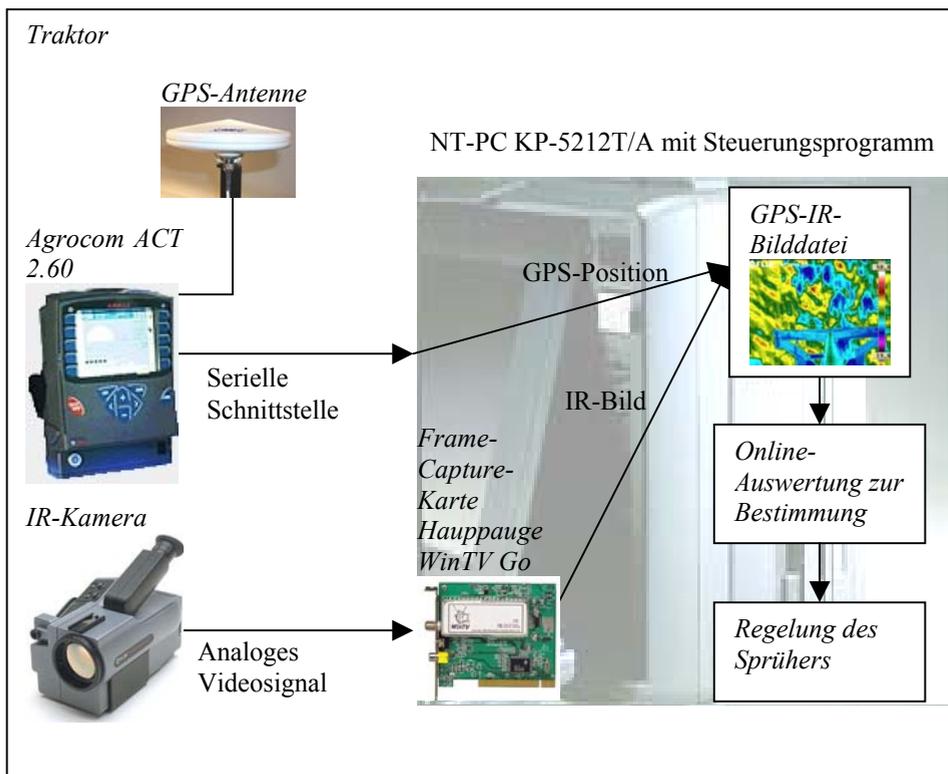


Abbildung 84: Aufbau eines Online-GPS-Video-Systems zum dynamischen Sprühen von Pflanzen

Die Analyse von kranken oder von Schädlingen befallenen Pflanzen ist sehr komplex. Hinzu kommt, daß Pflanzen einer Sorte verschiedene Größen und Strukturen aufweisen können. Auch müßte das jeweils herrschende Klima mit berücksichtigt werden. Bevor ein Online-System realisiert werden kann, müssen zuerst die Grundlagen zum Verhalten der

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

Pflanzentemperatur gegenüber Krankheiten und Schädlingen erarbeitet werden. Zu diesem Zweck kann eine Reihe von Experimenten mit der Infrarotbildkamera durchgeführt werden:

- Gesunde und kranke Nutzpflanzen möglichst unter den gleichen klimatischen Bedingungen (Temperatur) aufnehmen.
- Nutzpflanzen mit verschiedenen Unkräutern aufnehmen unter Berücksichtigung der Unkrauthäufigkeiten
- Nutzpflanzen bei verschiedenen Temperaturen und Feuchtigkeiten aufnehmen.
- Verschiedene Nutzpflanzen aufnehmen.
- Höhe und Winkel der Kamera zum Feld variieren.

6.4. KOSTENGÜNSTIGE, DYNAMISCHE BODENBEARBEITUNG MIT ZUGKRAFTSENSOREN

Wenn auf die Erstellung einer Zugkraftkarte verzichtet werden kann, stellt eine Tiefpaßschaltung eine kostengünstige Alternative zur Kombination von einem Feldcomputer und einer Multi-IO-Karte dar. Sie würde die hochfrequenten Zugkraftsignale in niederfrequente Steuerungssignale für die Bodenbearbeitungsmaschine online umwandeln.

7. ZUSAMMENFASSUNG

Zur Reduzierung der Umweltverschmutzung und zur Steigerung des landwirtschaftlichen Ertrages erlangt die Präzisionslandwirtschaft in der Agrarproduktion zunehmend an Bedeutung. Die Bearbeitung der Felder erfolgt teilflächenspezifisch. Während verschiedener landwirtschaftlicher Arbeitsprozesse kommen unterschiedliche technische Systeme zum Einsatz, die aufgrund verschiedener herstellerepezifischer Hardware, Software und Datenformate nicht miteinander kommunizieren können. Um eine komplexe Ansicht über die Felder zu bekommen und um wirtschaftliche agrartechnische Entscheidungen fällen zu können, werden jedoch Datensätze aus verschiedenen GIS benötigt.

Im Rahmen dieser Dissertation wird ein Konzept zur Lösung des oben beschriebenen Problems vorgeschlagen und in die Praxis umgesetzt. Es wird eine Realisierung zum Transfer von GIS-Daten aus verschiedenen, beliebigen GIS-Datenquellen in ein universelles Austauschformat, das vom Autor entwickelte „GIS Exchange Format“, vorgestellt.

Das GIS Exchange Format basiert auf XML und ist für den Austausch von GIS-Daten über Computernetzwerke, z.B. dem Internet, bestens geeignet. Auf Grund seiner Struktur ist es sowohl vom Menschen als auch vom Computer einfach zu lesen und auszuwerten. Durch den Einsatz von anwenderspezifischen Filtern kann die gewünschte Information extrahiert werden. Um die Kommunikation zwischen Systemen mit verschiedener

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

Komplexität zu gewährleisten, existieren im GIS Exchange Format Pflichtfelder, die jedes System mindestens aufweisen muß.

In der Praxis wurde das GIS Exchange Format anhand eines Agrocom- und eines RDS-Systems erfolgreich getestet. Außerdem konnten unterschiedliche Daten aus dem unten beschriebenen GPS-System in andere Systeme transferiert werden.

Des Weiteren wurde in dieser Arbeit eine neue Sensorik zur Aufzeichnung von Videobildern und elektrischen Spannungen mit der jeweils aktuellen GPS-Position entwickelt, die in einem GPS-System zusammengefaßt wurden.

Mit Hilfe einer Online-Bildanalyse kann die Pflanzendichte in den aufgenommenen Bildern berechnet werden und über das GIS Exchange Format in andere GIS transferiert werden. Ein vom Autor entwickeltes Optimierungsprogramm bestimmt den optimalen Schwellwert für die Online-Bildanalyse, um eine Unterscheidung von Pflanzen und Hintergrund durchzuführen.

In verschiedenen Feldexperimenten wurden eine CCD-Kamera, eine IR-Kamera und eine PAL-Optik eingesetzt. Es wurde festgestellt, daß die aufgenommenen Bilder einer CCD-Kamera bzw. einer IR-Kamera eine Pflanzendichtebestimmung mit einer Genauigkeit von jeweils 86,90% bzw. 99,12% erlauben. CCD-Bilder sind ungenauer, da sie durch Schatten und ähnliche Farben von Boden und Pflanzen beeinflussbar sind. Die PAL-Optik eignet sich noch nicht für den Online-Einsatz, da noch diverse Probleme zu lösen sind. Vorteil des PAL-Systems sind großflächige Feldaufnahmen, die durch eine vom Autor entwickelte Software in Panoramaansichten transformiert werden können.

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

Ferner wurde mit dem GPS-System eine Bodenfestigkeitsmessung durchgeführt, aus deren Daten sich eine Applikationskarte zur Bodenbearbeitung ableiten läßt.

8. SUMMARY

Precision farming opens up new possibilities to reduce environmental pollution and to increase agricultural productivity. Fields are cultivated in a site-specific way. During an agricultural cycle several technical systems are used. Because of specific system hardware, software and different data formats the different GIS are not able to communicate with each other. In order to generate a complex view about the fields and to allow valid agrotechnological decisions, data from all systems are needed.

In this thesis a solution for this problem is given and has already been tested in practice. The solution is a method for transferring different GIS data sets into a uniform exchange format, the so-called „GIS Exchange Format“.

The GIS Exchange Format is based on XML and allows to transfer GIS data sets over computer networks, e.g. the Internet. Due to its structure the GIS Exchange Format is easily readable for users and computers. By adapting user-specific filters the needed information can be extracted. There is a minimum of data fields required to ensure communication between systems of different complexity.

In practice, the GIS Exchange Format was successfully tested by means of both, an Agrocom and an RDS system. Moreover, it was possible to transfer different data of a newly developed GPS system into other GIS.

Additionally, a new GIS was developed by the author. The system records video and electrical signals which are connected to the corresponding GPS position.

By means of online image analysis the plant density in the recorded images can be calculated. In order to transfer plant density data into other GIS the GIS Exchange Format is used. A program developed by the author optimizes the threshold for separation of plants and soil.

In different field experiments a CCD camera, an infrared camera and a PAL optic were used. The CCD images have an accuracy of 86,90% for separation of plants and soil, the infrared images an accuracy of 99,12%. However, CCD images have a lower accuracy, because they are affected by shades and similar colours of plants and soil. At the moment, the PAL optic is not suitable for an online weed recognition, because there are several problems. One big advantage of the PAL system is a viewing angle of 360° to record a large field area. The recorded image can be transformed into a panorama view by using a software tool written by the author.

Besides of image processing the GPS system can take soil draft measurements, which can be used to generate an application map for field cultivation.

9. DANKSAGUNG

Zum Abschluß möchte ich mich bei allen bedanken, die zu einem Gelingen dieser Arbeit beigetragen und mich in institutioneller, fachlicher und persönlicher Hinsicht unterstützt haben.

Mein besonderer Dank gilt meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. Miklós Neményi für seine fachliche Betreuung, anhaltende Diskussionsbereitschaft und stets aufmunternde Unterstützung während der Anfertigung dieser Arbeit. Herrn Prof. Dr. Fekete und Herrn Prof. Dr. Csizmazia möchte ich meinen Dank für die Übernahme der Gutachten aussprechen. Ferner möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. Schmidt für die Übernahme des Vorsitzes in der Prüfungskommission bedanken.

Bedanken möchte ich mich außerdem bei allen wissenschaftlichen, administrativen und technischen Mitarbeitern sowie den Diplomanden und studentischen Hilfskräften des Institute of Agricultural, Food and Environmental Engineering, ohne deren unermüdliche Hilfe und Mitarbeit bei wissenschaftlichen und technischen Fragen sowie im Labor und während der Geländearbeit die Anfertigung dieser Arbeit nicht möglich gewesen wäre. Insbesondere möchte ich meinem Doktoratskollegen Herrn Péter Ákos Mesterházi für seine herausragende Unterstützung meinen Dank aussprechen.

Für die unermüdliche persönliche Unterstützung im Verlauf der Arbeit und die kritische Durchsicht des Manuskriptes danke ich sowohl meiner Frau als auch meinem Großvater herzlich.

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

Diese Arbeit wurde im Rahmen des Doktorprogramms „Technical Environmental of the Site Specific Precision Plant Production“ an der Westungarischen Universität erstellt, der ich hiermit für die finanzielle Unterstützung des Vorhabens danke.

10. LITERATURVERZEICHNIS

Alsip, C., Ellingson, J. (1991). Computer correlation of soil colour sensing with positioning for application of fertiliser and chemicals, Automated Agriculture for the 21st Century, Proceedings of the 1991 Symposium, A.S.A.E., Michigan, Seite 317-325

Akima, H. (1978). A method of bivariate interpolation and smooth surface fitting for irregularly spaced data points, Algorithm 526, ACM Trans. Mathematical Software, Seite 148-155

Albrecht, J. (1996). Universal Analytical GIS Operations: a task-oriented systematization of data structure-independent GIS functionality leading towards a geographic modeling language. Ph.D. Thesis , ISPA Mitteilungen 23, Universität Vechta, Deutschland.

Albrecht, J., Jung, S., Mann, S. (1997). VGIS-a GIS Shell for the Conceptual Design of Environmental Models. Innovations in GIS, Taylor & Francis. 4, Seite 154-165.

Alexandersson, O. (1999). Lebendes Wasser, Ennsthaler Verlag

AGRO-MAP Basic File Structure (1999). Software „AGRO-MAP Basic“, Agrocom, Bielefeld, Deutschland

Auernhammer, H. (1994). Anforderungen an GPS und DGPS aus der Sicht der Landwirtschaft. SATNAV'94, Satellitenortungssysteme - Grundlagen und Anwendungen - Deutsche Gesellschaft für Ortung und Navigation

Auernhammer, H., Demmel, M., Muhr, T., Rottmeier, J., Wild, K. (1994). GPS for yield mapping on combines, Comput. Electron. Agric. 11, Seite 53-68

Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (1998). Der Ökologische Landbau in Bayern. Stand-Förderung-Perspektiven, Agrarpolitische Informationen 27/98

Bauer (1997). Vermessung und Ortung mit Satelliten. NAVSTAR-GPS u.a. satellitengestützte Navigationssysteme, 4. Auflage, Wichmann-Verlag Karlsruhe, 280 Seiten

Beste, A., Hampl, U., Kussel, N. (2001). Bodenschutz in der Landwirtschaft, Einfache Bodenbeurteilung für Praxis, Beratung und Forschung, Stiftung Ökologie & Landbau

Berry, J. (1996). How good is my map?, The GIS toolbox column, Ag/Innovator Vol. 3 No. 12, September 1996

Berry, J. (1996a). Surf's up! (kriging and minimum curvature), The GIS toolbox column, Ag/Innovator Vol. 3 No. 11, August 1996

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

Berry, J. (1996b). From points to maps, The GIS toolbox column, Ag/Innovator Newsletter Vol. 3 No. 10, Juli 1996

Bill, R., Fritsch, D. (1994). Grundlagen der Geo-Informationssysteme, Band 1: Hardware, Software und Daten, Wichmann Verlag Karlsruhe

Bill, R., Mack, J., Grenzdörffer, G. (1996). Precision Farming - Ein Konzept für eine moderne technikgestützte Landbewirtschaftung in Mecklenburg-Vorpommern.- Rostocker Agrar- und Umweltwissenschaftliche Beiträge, Heft 6: 9 Seiten

Böttinger, S. (2000). Datenverbund – Integration von Schlagkartei, satellitengestützter Software und GIS am Beispiel von AGRO-NET, Landtechnik, Nr. 3/00, Seite 220-221

Bonham-Carter, G. (1994). Geographic Information Systems for Geoscientists, Modeling with GIS, Geological Survey of Canada, Pergamon, Elsevier Science Ltd., Kidlington, New York, Tokyo

Brandhuber, R., Hege, U. (1992). Tiefenuntersuchungen auf Nitrat unter Ackerschlägen des ökologischen Landbaus, Landwirtschaftliches Jahrbuch 69, Heft 1/92.

Brebbia, C.A., Zannetti, P. (2002). Development and Application of Computer Techniques to Environmental Studies, WIT Press, England, 542 Seiten

Christen, O. (1996). Nachhaltige Landwirtschaft ("Sustainable Agriculture") - Ideengeschichte, Inhalte und Konsequenzen für Forschung, Lehre und Beratung. Berichte über Landwirtschaft 74

Conrad, J. (1992). Umweltprobleme der Landwirtschaft: Politik um Nitrat, Deutscher Universitätsverlag

Czechowski, P., Hendl, R. (1996). Umweltverträglichkeitsprüfung, Landwirtschaft und Umweltschutz, Boorberg

Dana, P. (1999). Map Projection Overview, The Geographer's Craft Project, Department of Geography, University of Texas at Austin

Demmel, M., Auernhammer, H. (1998). Automatisierte Prozeßdatenerfassung, Landtechnik, Nr. 3/98, Seite 144-145

Domsch, H., Giebel, A. (2001). Elektrische Bodenleitfähigkeit und Bodentextur, Landtechnik, Nr. 5/01, Seite 318-319

Domsch, H., Giebel, A. (2002). Aufnahme der elektrischen Bodenleitfähigkeit – Schätzung maximal zulässiger Messpunktabstände, Landtechnik, Nr. 4/02, Seite 212-213

Droll, P., Kutzbach, H.D. (2001). Zugkraft- und Drehmomentmessung zur Bodenkartierung, Landtechnik, Nr. 1/01, Seite 22-23

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

Ebel, M., Graff, M. (1994). Die Satellitendüngung kann sich rechnen, DLG-Mitteilungen Heft 8/1994, Seite 37-39

Ehlert, D., Schmerler, J. (2001). Teilflächenspezifische Applikation von Stickstoffdünger in Echtzeit, Landtechnik, Nr. 2/01, Seite 74-75

Emberger, J. (1993). Kompostierung und Vergärung: Bioabfall, Pflanzenabfall, organische Produktionsrückstände, Vogel-Verlag, Würzburg

Engelke, B. (2000). Zur Regelung von Geräten in der ganzflächig mechanischen Unkrautbekämpfung, Landtechnik, Nr. 2/00, Seite 146-147

Engelke, B. (2002). Regelungsmöglichkeiten in der mechanischen Unkrautbekämpfung, Landtechnik, Nr. 1/02, Seite 16-17

Fietkau, H.J. (1982). Umweltinformation in der Landwirtschaft, Campus Verlag, Frankfurt a.M.

Fölster, N., Krallmann, J. (2001). Teleservice bei Landmaschinen – Technische und logistische Problemstellungen, Landtechnik, Nr. 1/01, Seite 18-19

Gotway, C.A., Ferguson, R.A., Hergert, G.W., Peterson, T.A. (1996). Comparison of kriging and inverse-distance methods for mapping soil parameters, Soil Sci. Soc. Am. Journal 60, Seite 1237-1247

Greguss, P. (2002). Centric-minded imaging and GPS, Dept. of Manufacturing Engineering of the Budapest University of Technology and Economics, im Druck

Greguss, P. (2002a). Humanoid Machine Vision System and GPS, Dept. of Manufacturing Engineering of the Budapest University of Technology and Economics, im Druck

Hake, G., Grünreich, D. (1994). Kartographie, Berlin

Holtmann, W. (2002). DGPS-Korrekturdienst EGNOS: Die europäische Korrektur, Profi - Magazin für Agrartechnik, 14. Jahrgang 2002, Heft Nr. 5, Seite 76

ICP DAS (1999). A-822PGL Software und Hardware Manual

Jahns, G. (1996). Autonome Fahrzeugführung in der pflanzlichen Produktion, 12. Fachgespräch Autonome Mobile Systeme (AMS'96), München, 14.-15. Oktober 1996

Jung, S., Voser, S.A., Ehlers, M. (1998). A flowchart interface for hybrid analysis in an integrated GIS, ISPRS Commission II, Working Group 2, Cambridge, Juli 1998

Kim, Y., Reid, J.F., Huber, G., Schächtl, J. (2002). Real-time Nitrogen Assessment for Wheat Using Multi-spectral Imaging Sensor, International Conference on Agriculture Engineering, 30.06.-04.07.2001, Buda-

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

pest, „ AgEng Full papers, posters and abstracts” CD, (02-PA-018), 9
Seiten

Kravchenko, A.N., Bullock, D.G. (1998). Comparison of interpolation methods for mapping soil P and K contents, The 4th Int’l. Conf. on Prec. Agric. St. Paul, MN, Seite 19

Kromer, K.H., Degen, P., Häfner, M., Schmittmann, O. (2001). Teilflächenspezifische Ertragsmessung bei Zuckerrüben, Landtechnik, Nr. 1/01, Seite 26-27

Krutz, G.W., Schueller, J.K. (2000). Advanced engineering: future directions for the agricultural and biological engineering profession, Journal of Agricultural Engineering Research, Vol. 76, Academic Press, Seite 251-265

Kutzbach, H.D. (2000). Trends in power and machinery, Journal of Agricultural Engineering Research, Vol. 76, Academic Press, Seite 237-247

Láng, I. (1998). Symbiotic Planet. A New Look at Evolution, Science-writers, Amherst, Massachusetts

Linke, M., Beuche, H., Geyer, M., Hellebran, H.J. (2000). Einsatzmöglichkeiten und Grenzen der Thermografie – Untersuchung gartenbau-licher Projekte, Landtechnik, Nr. 6/00, Seite 428-429

Löbbert, M. (2001). Landschaftspflege – Bewertung technischer Verfahren unter besonderer Berücksichtigung der Wirbellosen-Fauna, Landtechnik, Nr. 1/01, Seite 234-235

Maniak, St. (2001). 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, Seite 493-503

Maniak, St. (2002). 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

Maniak, St. (2002a). GIS Data Basis Transfer in Precision Farming, XXIX. Óvári Tudományos Napok, Mosonmagyaróvár, Full Paper CD, 5 Seiten

Maniak, St. (2002/2003). 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, Seite 45-52

Maniak, St. (2002/2003a). Interpolation methods in Geographic Information Systems (GIS) for Precision Farming, Pollution and Water Re-

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

sources 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, Seite 182-192

Maniak, St., Neményi, M., Mesterházi, P.Á. (2003). Machine vision for on-line weed identification, Computers and Electronics in Agriculture, 12 Seiten, im Druck

Margulis, L. (1999). Die andere Evolution, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin

Mesterházi, P.Á., Neményi, M., Kacz, K., Stépán, Zs. (2002). Compatibility of precision farming systems, International Conference on Agriculture Engineering, 30.06.-04.07.2001, Budapest, „AgEng Full papers, posters and abstracts” CD, (02-PA-012)

Mesterházi, P.Á., Neményi, M., Kacz, K., Stépán, Zs. (2002a). Data transfer among precision farming systems, ASAE Annual International Meeting/CIGR World Congress, 28.07.-31.07.2002, Chicago, Illionis, USA, CD (021047)

Mesterházi, P.Á., Neményi, M., Maniak, S. (2003). Weed monitoring by infrared camera and Panoramic Annular Lens, 4. European Conference on Precision Agriculture (ECPA), 15.06.-19.06.2003, Berlin, Full Poster Paper, Seite 493-393

Moore, M. (1997). An investigation into the accuracy of yield maps and their subsequent use in crop management, Silsoe College, Department of Agriculture and Biosystems Engineering

Neményi, M., Pecze, Zs., Mesterházi, P.Á., Kiss, E. (2001). Engineering Environment of the precision crop production. Hungarian Agricultural Engineering, im Druck

Neményi, M., Mesterházi, P.Á. (2002). Site-specific yield- and soil resistance mapping and nutrient replacement, Columbia University, im Druck

Neményi, M., Mesterházi, P.Á., Pecze, Zs., Stépán, Zs. (2002a). The role of GIS and GPS in precision farming, Computers and Electronics in Agriculture, im Druck

Neményi, M., Mesterházi, P.Á. (2003). Site-Specific Yield- and Soil Resistance Mapping and Nutrient Replacement, 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, Seite 230-242

NMEA-0183-Dokumentation

Pecze, Zs., Neményi, M., Mesterházi, P.Á., Stépán, Zs. (2001). The function of the geographic information system (GIS) in precision far-

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

ming, IFAC/CIGR Fourth International Workshop on Artificial Intelligence in Agriculture (Preprints edited by Prof. I. Farkas)

Pollock, C.J. (2000). Farming for the future: biotechnology and engineering in perfect harmony?, Journal of Agricultural Engineering Research, Vol. 76, Academic Press, Seite 219-225

Preuschen, G., Bernath, K., Hampl, U. (1999). Umstellung auf ökologischen Landbau: Die grundlegenden Schritte der praktischen Betriebsumstellung, Verlag Stiftung Ökologie und Landbau, Bad Dürkheim

RDS Precision Farming: File Structure (2000). Software „Yield mapping and treatment planing“, RDS Technology Ltd, Gloucestershire, England

Redecker, B. (2002). Pasture Landscape and Nature Conversation, Springer Verlag, Heidelberg

Rolf, K.H., Lohmeyer, A. (2000). Neue Logistiklösungen in der Landwirtschaft – Vom Anbau bis zur Verarbeitung: Transparenz und Effizienz durch EDV-gestütztes Flottenmanagement, Landtechnik, Nr. 5/00, Seite 353-353

Rothmund, M., Auernhammer, H., Demmel, M. (2002). Eine Gemeinde umfassende Gewannebewirtschaftung in Zeilitzheim, Landtechnik, Nr. 1/02, Seite 10-11

Sawyer, J.E. (1994). Concepts of variable rate technology with considerations for fertilizer application, *J. Production Agriculture* 7, Seite 195-201

Scheufler, B. (2001). Intelligente Technologien im Landmaschinenbau, *Landtechnik*, Nr. 6/01, Seite 396-397

Schur, G. (1990). *Umweltverhalten von Landwirten*, Campus Verlag, Frankfurt a.M.

Spindler, E.A. (2002). *Agrar-Öko-Audit: Agrarwende mit System*, DLG-Verlag, Frankfurt a.M.

Stafford, J.V. (2000). Implementing precision agriculture in the 21st century, *Journal of Agricultural Engineering Research*, Vol. 76, Academic Press, Seite 267-275

Stombaugh, T., Simpson, A., Jacobs, J., Mueller, T. (2003). A low cost platform for obtaining remote sensed imagery, 4. European Conference on Precision Agriculture (ECPA), 15.06.-19.06.2003, Berlin, Full Paper, Seite 665-670

Thiessen, E. (2002). Variabilität der Teilflächen bei der sensorgesteuerten Stickstoffdüngung, *Landtechnik*, Nr. 4/02, Seite 208-211

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

Thyssen, I. (2000). Agriculture in the information society, Journal of Agricultural Engineering Research, Vol. 76, Academic Press, Seite 297-303

Treue, P. (2002). Erträge und N-Gabe nach mehrjähriger teilflächenspezifischer Bewirtschaftung, Landtechnik, Nr. 1/02, Seite 14-15

Von Werner, M., Krywkow, J. (1999). Räumlich-digitale Analyse eines mittleren Einzugsgebietes: Koordinatensysteme und deren Transformation, Geographisches Institut, Freie Universität Berlin

Voßhenrich, H.H., Sommer, C., Gattermann, B., Träger-Farny, W. (2000). Ortsspezifische Bodenbearbeitung, Landtechnik, Nr. 4/00, Seite 319

Wartenberg, G. (2001). Teilflächenspezifische Unkrautregulierung im Echtzeit-Verfahren, Landtechnik, Nr. 5/01, Seite 322-323

Weltzien, C., Noack, P., Persson, K. (2003). GPS receiver accuracy test – dynamic and static for best comparison of results, 4. European Conference on Precision Agriculture (ECPA), 15.06.-19.06.2003, Berlin, Full Paper, Seite 717-722

Wollenhaupt, N.C., Wolkowski, R.P. (1994). Grid Soil Sampling. Better Crops with Plant Food, Fall 1994, Vol. 78, Seite 6-9

Witter, B. (1987). Höhere Effektivität beim Einsatz des Mineraldüngerfonds durch differenzierte Schlag- und Teilschlagdüngung. Feldwirtschaft, Seite 120-124

Zhu, Z., Rajasekar, K. D., Riseman, E. M., Hanson, A. R. (2000). 3D Localization of Multiple Moving People by an Omnidirectional Stereo System of Cooperative Mobile Robots, Computer Vision Laboratory, Department of Computer Science, University of Massachusetts at Amherst

11. 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), Technische Universität Braunschweig, Institut für Nachrichtentechnik, 2000 (Co-Autor), Manuskript, 101 Seiten

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

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

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 Seiten

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

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

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

12. ANHANG

12.1. RDS-DATENLEXIKON

```

CN *****
CN *
CN *          Data Dictionary
CN *
CN * for the ADIS (Agricultural Data Interchange Syntax) protocol.
CN *          C.I.Parsons/S.J.Pendry
CN *          Last modified : 10-12-1999
CN *          (C) RDS Technology Ltd.
CN *****
DN00001@ Company Name          @A@          20@          20
DN00002@ Originating Product   @A@          20@          20
DN00003@ Product Version       @A@          25@          25
DN00004@ Transmission Date     @N@          0@          99991231
DN00005@ Transmission Time     @N@          0@          235959
DN00006@ Cutter Width (M)      @N@          0.00@        99.99
DN00007@ Job Time (Hrs)        @N@          0.00@        9999.99
DN00008@ Job Area (Ha)         @N@          0.00@        99999.99
DN00009@ Job Yield (Tonne)     @N@          0.00@        99999.99
DN00010@ Spot Yld/Area(T/Ha) Dry Corrected @N@          0.00@        9999.99
DN00011@ Grain Dens. (Kg/Hl)   @N@          0.000@       9999.999
DN00012@ Grain Moisture (%)    @N@          0.00@        100.00
DN00013@ Log Yield (Tonne) Dry Corrected @N@          0.00000@     9.99999
DN00014@ Crop Calibration Factor (cc/%dark) @N@          0.0@         999000.0
DN00015@ Crop Type Index Number @N@          0@           8
DN00016@ Spot Yld/Area(T/Ha) Wet @N@          0.00@        9999.99
DN00017@ Log Yield (tonne) Wet @N@          0.00000@     9.99999
DN00018@ Cutter-sensor offset distance @N@          0.00000@     9999999
DN00019@ Crop type name        @A@          0.00000@     30
DN00020@ Crop variety name     @A@          0.00000@     30

```

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

DN00101@	User Def.Funct.01	@N@	0.000@	9999.999
DN00102@	User Def.Funct.02	@N@	0.000@	9999.999
DN00103@	User Def.Funct.03	@N@	0.000@	9999.999
DN00104@	User Def.Funct.04	@N@	0.000@	9999.999
DN00105@	User Def.Funct.05	@N@	0.000@	9999.999
DN00106@	User Def.Funct.06	@N@	0.000@	9999.999
DN00107@	User Def.Funct.07	@N@	0.000@	9999.999
DN00108@	User Def.Funct.08	@N@	0.000@	9999.999
DN00109@	User Def.Funct.09	@N@	0.000@	9999.999
DN00110@	User Def.Funct.10	@N@	0.000@	9999.999
DN00111@	User Def.Funct.11	@N@	0.000@	9999.999
DN00112@	User Def.Funct.12	@N@	0.000@	9999.999
DN00120@	Width (m)	@N@	0.00@	99.99
DN00121@	Application rate (l/ha)	@N@	0@	99999
DN00122@	Quantity Used (l)	@N@	0@	999999.99
DN00123@	Average liquid rate (l/ha)	@N@	0@	99999
DN00124@	Base Rate	@N@	0@	99999
DN00125@	Rate multiplying factor	@N@	0@	99999
DN00126@	Average solids rate (kg/ha)	@N@	0@	99999
DN00127@	Apollo5 cal' factor A used	@N@	0@	999.999
DN00128@	Apollo5 cal' factor b used	@N@	0@	999.999
DN00129@	Apollo5 cal' factor c used	@N@	0@	999.999
DN00130@	Apollo5 cal' factor t used	@N@	0@	999.999
DN00131@	Apollo3 cal' factor kgprev	@N@	0@	999.999
DN00132@	Actual target rate	@N@	0@	9999.999
DN00140@	Fertilizer quantity since last (kg)	@N@	0@	9999.999
DN00141@	Spray quantity since last (litres)	@N@	0@	9999.999
DN00142@	Seed quantity since last (kg)	@N@	0@	9999.999
DN00150@	Fertilizer quantity job total (kg)	@N@	0@	9999.999
DN00151@	Spray quantity job total (litres)	@N@	0@	9999.999
DN00152@	Seed quantity job total (kg)	@N@	0@	9999.999
DN00155@	Fertilizer application rate (kg/ha)	@N@	0@	9999.999
DN00156@	Spray application rate (litres/ha)	@N@	0@	9999.999
DN00157@	Seed application rate (kg/ha)	@N@	0@	9999.999
DN00158@	Tramlining style	@N@	0@	5
DN00160@	User def function name 1	@A@	0@	20
DN00161@	User def function name 2	@A@	0@	20
DN00162@	User def function name 3	@A@	0@	20
DN00163@	User def function name 4	@A@	0@	20

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

DN00164@	User def function name 5	@A@	0@	20
DN00165@	User def function name 6	@A@	0@	20
DN00166@	User def function name 7	@A@	0@	20
DN00167@	User def function name 8	@A@	0@	20
DN00168@	User def function name 9	@A@	0@	20
DN00169@	User def function name 10	@A@	0@	20
DN00170@	User def function name 11	@A@	0@	20
DN00171@	User def function name 12	@A@	0@	20
DN00180@	User def function value 1	@A@	0@	20
DN00181@	User def function value 2	@A@	0@	20
DN00182@	User def function value 3	@A@	0@	20
DN00183@	User def function value 4	@A@	0@	20
DN00184@	User def function value 5	@A@	0@	20
DN00185@	User def function value 6	@A@	0@	20
DN00186@	User def function value 7	@A@	0@	20
DN00187@	User def function value 8	@A@	0@	20
DN00188@	User def function value 9	@A@	0@	20
DN00189@	User def function value 10	@A@	0@	20
DN00190@	User def function value 11	@A@	0@	20
DN00191@	User def function value 12	@A@	0@	20
DN00201@	Latitude (ø)	@N@	-90.000@	90.000
DN00202@	Longitude (ø)	@N@	-180.000@	180.000
DN00203@	Fix Status	@N@	0@	5
DN00204@	Altitude above mean sea level (m)	@N@	-9999.9@	9999.9
DN00205@	Treatment point latitude	@N@	-90.000@	90.000
DN00206@	Treatment point longitude	@N@	-180.000@	180.000
DN00207@	Datum used for Lat/Long	@N@	0@	255
DN00208@	UTC of Position (hhmmss.ss)	@N@	0@	235959.99
Dn00209@	Treatment target point	@N@	0@	65535.00
DN00301@	User defined 'tag' status	@N@	0@	255
DN00302@	Position refernce number (tag #)	@N@	0@	9999
DN00303@	Soil sample result value	@N@	-9999.9@	9999.9
DN00304@	Name of soil sample variable	@A@	20@	20
DN00305@	Units for soil sample variable	@A@	20@	20

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

DN00320@	Name/label for misc data	@A@	25@	25
DN00321@	Value for misc data	@N@	-9999.9@	9999.9
DN00354@	Name/label for a reference position	@A@	50@	50
DN00355@	Type specifier for reference point	@N@	0@	255
DN00356@	Label offset y (in pixels)	@N@	-32767@	32767
DN00357@	Label offset x (in pixels)	@N@	-32767@	32767
DN00400@	Route Number	@N@	0@	9999
DN00401@	Driver Number	@N@	0@	9999
DN00402@	Fleet Number	@N@	0@	9999
DN00403@	Stage Number	@N@	1@	999
DN00404@	Spreader Rate (g/mý)	@N@	0.0@	999.9
DN00405@	Spreader Width (m)	@N@	0.0@	99.9
DN00406@	Spread (On/Off)	@N@	0@	1
DN00407@	Stage Distance (km)	@N@	0.00@	999.99
DN00408@	Total Distance (km)	@N@	0.00@	10000.00
DN00409@	Spreading Distance (km)	@N@	0.00@	10000.00
DN00410@	Weight Spread (kg)	@N@	0.0@	100000.0
DN00411@	Stage Time	@N@	0@	2359
DN00412@	Overspeed Alarm (On/Off)	@N@	0@	1
DN00413@	Overspeed Speed Limit (km/hr)	@N@	0.0@	9999.9
DN00500@	Treatment plan version	@N@	0@	999
DN00501@	Field number	@N@	0@	9999
DN00502@	Field name	@A@	50@	50
DN00503@	Application type	@A@	1@	1
DN00504@	Application name	@A@	50@	50
DN00505@	Treatment area Northern limit (deg)	@N@	-90.000000@	90.000000
DN00506@	Treatment area Southern limit (deg)	@N@	-90.000000@	90.000000
DN00507@	Treatment area Eastern limit (deg)	@N@	-180.000000@	180.000000
DN00508@	Treatment area Western limit (deg)	@N@	-180.000000@	180.000000
DN00509@	Polygon number	@N@	0@	255
DN00510@	Polygon point count	@N@	0@	9999
DN00511@	Application base rate	@N@	0.0@	9999.999
DN00512@	Rate adjustment reference number	@N@	0@	255
DN00513@	Associated rate adjustment	@N@	0@	9999
DN00514@	Rate adjustment value	@N@	0@	255
DN00515@	Number of treatment reference points	@N@	0@	65535
DN00516@	Implement width used for plan (m)	@N@	0@	100
DN00517@	Plan grid square count x direction	@N@	0@	999

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

DN00518@	Plan grid square count y direction	@N@	0@	999
DN00600@	Palette entry number	@N@	0@	255
DN00601@	Palette entry low value	@N@	0@	9999
DN00602@	Palette entry high value	@N@	0@	9999
DN00603@	Palette entry Red value (RGB)	@N@	0@	255
DN00604@	Palette entry Green value (RGB)	@N@	0@	255
DN00605@	Palette entry Blue value (RGB)	@N@	0@	255

/* items from 8000 onwards are only used in PS8000 series instruments */

DN08001@	Number of products in file	@N@	1@	4
DN08002@	File type marker (see "FILES8k.TXT")	@N@	0@	65535
DN08003@	Farm number for plan	@N@	1@	99
DN08004@	Field number for plan	@N@	1@	9999
DN08010@	Reference number for plan 0	@N@	1@	9999
DN08011@	Reference number for plan 1	@N@	1@	9999
DN08012@	Reference number for plan 2	@N@	1@	9999
DN08013@	Reference number for plan 3	@N@	1@	9999
DN08100@	Product 1 name	@A@	0@	20
DN08101@	Product 2 name	@A@	0@	20
DN08102@	Product 3 name	@A@	0@	20
DN08103@	Product 4 name	@A@	0@	20
DN08110@	Product 1 type	@A@	0@	4
DN08111@	Product 2 type	@A@	0@	4
DN08112@	Product 3 type	@A@	0@	4
DN08113@	Product 4 type	@A@	0@	4
DN08200@	Product 1 rate (units/Ha)	@N@	0@	99999
DN08201@	Product 2 rate (units/Ha)	@N@	0@	99999
DN08202@	Product 3 rate (units/Ha)	@N@	0@	99999
DN08203@	Product 4 rate (units/Ha)	@N@	0@	99999
DN08300@	Product 1 Accumulated (units)	@N@	0@	99999

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

DN08301@	Product 2 Accumulated (units)	@N@	0@	99999
DN08302@	Product 3 Accumulated (units)	@N@	0@	99999
DN08303@	Product 4 Accumulated (units)	@N@	0@	99999
DN08400@	Product 1 Width	@N@	0@	99999
DN08401@	Product 2 Width	@N@	0@	99999
DN08402@	Product 3 Width	@N@	0@	99999
DN08403@	Product 4 Width	@N@	0@	99999
DN08500@	Product 1 job total weight	@N@	0@	99999
DN08501@	Product 2 job total weight	@N@	0@	99999
DN08502@	Product 3 job total weight	@N@	0@	99999
DN08503@	Product 4 job total weight	@N@	0@	99999
DN08600@	Product 1 job total area	@N@	0@	99999
DN08601@	Product 2 job total area	@N@	0@	99999
DN08602@	Product 3 job total area	@N@	0@	99999
DN08603@	Product 4 job total area	@N@	0@	99999
DN08700@	Product 1 job total hours	@N@	0@	99999
DN08701@	Product 2 job total hours	@N@	0@	99999
DN08702@	Product 3 job total hours	@N@	0@	99999
DN08703@	Product 4 job total hours	@N@	0@	99999
DN09000@	Farm number	@N@	0@	99
DN09001@	Farm name	@A@	0@	20
DN09002@	Field number	@N@	0@	9999
DN09003@	Field n	@A@	0@	20
DN09004@	Crop/Product Name	@A@	0@	20
DN09005@	Variety name	@A@	0@	20
DN09006@	Machine ID number	@N@	0@	9999ated data

12.2. ANHANG ZUM SOFTWAREMODUL GISEXF

12.2.1. Klasse GISEXF (J++-Projekt GISEXF)

Konstanten	
Typ und Name	Erklärung
int c_RDS_Format	Konstante für RDS-Format
int c_Argocom_AFT	Konstante für Argocom-AFT-Format
int c_GISEXF	Konstante für GIS Exchange Format
int c_table	Konstante für Datentabelle
int c_Argocom_MWK	Konstante für Argocom-MWK-Format
int c_unknown	Konstante für unbekanntes Format
String c_rdsdict	Dateiname des RDS-Datenlexikons

Tabelle 7: Wichtigste Konstanten der Klasse GISEXF

Membervariablen	
Typ und Name	Erklärung
Vector m_info	Vektor für Headerinformationen
Vector m_desc	Vektor für Spaltenbeschreibungen
Vector m_rows	Vektor für Ergebniszeilen
Vector m_fileLines	Vektor für Ausgangszeilen
int m_srcFormat	Ausgangsformat
int m_destFormat	Zielformat
String m_srcDelimiter	Trennzeichen im Ausgangsformat
String m_destDelimiter	Trennzeichen im Zielformat

Tabelle 8: Wichtigste Membervariablen der Klasse GISEXF

Methoden	
Name und Parameter	Erklärung
public Vector readFiles(String[] files)	Einlesen der Ausgangsdateien und Füllen des Vektors m_fileLines
public int checkFormat(Vector lines)	Überprüfen des Ausgangsformates
public Vector getData(Vector lines, int format, int newformat, int[] selectedCols, int gridCellLength)	<ul style="list-style-type: none"> • Bestimmen des Zieltrennzeichens • Einlesen und Analyse der Headerinformationen • Einlesen und Analyse der Spalteninformationen • Erzeugen des GIS Exchange Format • Transformation der Datenzeilen und -spalten in das Zielformat
public void transform(String filename, int newformat, int[] selectedCols, int gridCellLength)	Erzeugen der Zieldateiheader und Einfügen der Ergebniszeilen
public String getColDesc(int format, String col)	Übersetzen eines Spaltencodes durch Nachschlagen im Datenlexikon

Tabelle 9: Wichtigste Methoden der Klasse GISEXF

12.2.2. Klasse INOUTForm

Methoden	
Name und Parameter	Erklärung
public void GetSourceFiles()	Dateidialog zum Einlesen der Quelldateien öffnen.
public void Exit()	Programm beenden.
public void ViewSourceFile()	Die ausgewählte Quelldatei im Editor anzeigen.
public void AnalyseFile()	Die ausgewählte Quelldatei analysieren.
public void TransformFiles()	Alle Quelldateien in das ausgewählte Zielformat transferieren.
public void ViewDestFile()	Die Zieldatei im Editor darstellen.

Tabelle 10: Wichtigste Methoden der Klasse INOUTForm

12.3. ANHANG ZUM LABORSYSTEM



Abbildung 85: ThermCAM PM 675 von FLIR

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

PC-Seite Pinbelegung			ACT-Unit-Seite Pinbelegung		
2	RxD	Empfangsdaten	3	TxD	Sendedaten
3	TxD	Sendedaten	2	RxD	Empfangsdaten
4	DTR	DTE ist prinzipiell bereit	6	DSR	DCE ist prinzipiell bereit
5	GND	Masse	5	GND	Masse
6	DSR	DCE ist prinzipiell bereit	4	DTR	DTE ist prinzipiell bereit
7	RTS	Empfangsbereitschaft	8	CTS	Sendebereitschaft
8	CTS	Sendebereitschaft	7	RTS	Empfangsbereitschaft

Tabelle 11: Belegung des Nullmodemkabels



Abbildung 86: GPS-Receiver LandStar MK IV

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



Abbildung 87: DGPS MAX der Firma CIS Wireless

12.4. ANHANG ZUR SOFTWARESTRUKTUR IM LABOR-SYSTEM

12.4.1. Klasse VideoCaptureForm (J++-Projekt VideoCapture)

Konstanten	
Typ und Name	Erklärung
int c_argocomACT	Konstante für Agrocom ACT-Unit
String c_argocomACTSettings	COM-Parameter für ACT-Unit: „4800,N,8,1“
int c_CCDKPC550	Konstante für CCD-Kamera KP-C550
int[] c_CCDSettings	Parameter für CCD-Kamera: {0,0,0,0,2,129,4}
String[] c_colors	Konstanten für Farbkomponenten: „R“, „G“, „B“
int c_csiDGPSMAX	Konstante für DGPS MAX von CSI Wireless

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

String c_csiDGPSMAXSettings	COM-Parameter für DGPS MAX: „,9600,N,8,1“
int c_flirThermaCAM	Konstante für IR-Kamera ThermaCAM von FLIR
int[] c_flirThermaSettings	Parameter für IR-Kamera: {32,32,20,28,0,45,4} Bedeutung: {Bildrand links, Bildrand rechts, Bildrand oben, Bildrand unten, Farbkomponente, Schwellwert für Unterscheidung für Boden, Auflösung}
int c_landStarMKIV	Konstante für LandStar MK IV von Rascal
String c_landStarMKIVSettings	COM-Parameter für LandStar MK IV: „,4800,N,8,1“
String c_properties	Dateiname der Property-Datei („C:/properties.txt“)

Tabelle 12: Konstanten der Klasse VideoCaptureForm

Membervariablen	
Typ und Name	Erklärung
Bitmap m_actBitmap	Aktuelles Bitmap eines aufgenommenen Bildes
String m_actFileName	Aktueller Dateiname eines aufgenom- menen Bildes
String m_actintext	Aktueller Inhalt des seriellen Puffers

String m_actPosition	Aktuelle GPS-Position
String m_actSpeed	Aktuelle Geschwindigkeit des Fahrzeuges
String m_actValue0	Aktueller Wert des Samples vom ersten ausgewählten Kanal der Multi-IO-Karte
String m_actValue1	Aktueller Wert des Samples vom zweiten ausgewählten Kanal der Multi-IO-Karte
int m_camera	Verwendete Kamera
int[] m_cameraSettings	Verwendete Kameraeinstellungen
boolean m_capture	Flag für die Aufnahme von Bildern
int m_captureMeters	Abstand in Metern zwischen zwei Messungen
boolean m_capturePreview	Flag für die Vorschau der aufgenommenen Bilder
int m_captureSecs	Zeitlicher Abstand in Sekunden zwischen zwei Messungen
int m_component	Verwendete Farbkomponente für die Bildverarbeitung
int m_counterValue	Anzahl der aufgenommenen Samples von der Multi-IO-Karte
Cserial m_cSerial	Zugriff auf die serielle Schnittstelle
boolean m_debug	Flag für Debugausgaben
String m_debugText	Debugtext
double m_density	Aktuelle Pflanzendichte
int m_device	Verwendeter GPS-Empfänger (Default: Agrocom ACT-Unit)
long m_diffTime	Differenzzeit in Millisekunden zwischen

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

	der aktuellen und der gespeicherten Zeit (zur Bestimmung des zeitlichen Abstandes zwischen zwei Messungen)
boolean m_imageProcessing	Flag für Bildverarbeitung der aufgenommenen Bilder
long m_imgCounter	Anzahl der aufgenommenen Bilder (für Demomodus)
String m_intext	Serieller Puffer zur Bestimmung einer vollständigen GPS-Position
String m_intextSpeed	Serieller Puffer zur Bestimmung einer vollständigen GPS-Geschwindigkeit
long m_newTime	Aktuelle Zeit in Millisekunden
long m_oldTime	Zeit der letzten Aufnahme
String m_path	Dateipfad zum Abspeichern der Bilder
short m_port	Nummer des COM-Port (Default: 1)
Properties m_properties	Einstellungsparameter für die Applikation, die bei Änderung gespeichert werden
boolean m_received	Flag für neuen seriellen Puffer
int m_resolution	Verwendete Auflösung für die Bildverarbeitung
boolean m_run	Flag für laufende Applikation
boolean m_runningIO	Flag für Aufzeichnung der Samples von der Multi-IO-Karte
boolean m_secs	Flag für zeitliche Abstände bei der Aufnahme
String m_settings	Aktuelle Parameter des COM-Port

	(Default: „,4800,N,8,1“)
String m_spacedPosition	Aktuelle Position mit Leerzeichen als Trennzeichen (wird im Dateinamen verwendet)
boolean m_started	Flag für initialisierte Applikation
float m_sumValue0	Summe der Samplewerte vom ersten ausgewählten Kanal der Multi-IO-Karte (zur Interpolationsberechnung)
float m_sumValue1	Summe der Samplewerte vom zweiten ausgewählten Kanal der Multi-IO-Karte (zur Interpolationsberechnung)
String m_tempPosition	Temporäre GPS-Position
String m_tempSpeed	Temporäre GPS-Geschwindigkeit
boolean m_testGPS	Flag zum Setzen von Test-GPS-Daten
int m_threshold	Verwendeter Schwellwert für die Unterscheidung von Boden und Pflanzen
String m_version	Version
boolean m_videoPreview	Flag zum Einschalten des Videopreviews

Tabelle 13: Wichtigste Membervariablen der Klasse VideoCapture-Form

Methoden	
Name und Parameter	Erklärung
public long CloseGPSConnection()	Schließen der seriellen Verbindung

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

public void CaptureImage()	Bild mit Frame-Capture-Karte aufnehmen
public void DebugMode()	Starten und Stoppen des Debugmodus
private String fixLength(String in, int length, String ch, boolean pos)	Formatierung eines Textes auf eine bestimmte Länge
public void GISExport(String path)	Dateiliste aus dem aktuellen Bilderverzeichnis generieren und an das GISEXF-Programm weiterleiten
public void GPSDemoMode()	Starten und Stoppen des GPS- Demomodus
public String InterpretPosition(String newintext)	GPS-Position aus seriellem Puffer berechnen
public String InterpretSpeed(String newintext)	GPS-Geschwindigkeit aus seriellem Puffer berechnen
public boolean IsOpen()	Status der Verbindung
public long OpenGPSConnection(int portnr)	Öffnen der seriellen Verbindung zum GPS-Empfänger
public void OpenProcessingSettings()	Aufrufen von ImageSettingForm zum Einstellen der Kamera- und Bildverarbeitungsparameter
public void OpenSettings()	Aufrufen von SettingForm zum Einstellen des GPS-Empfängers

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

public void NewFile(String filename)	Neue, leere Datei mit gegebenem Dateinamen erzeugen
public String ReplaceChars(String text, char replaceChar, char newChar)	Text durchsuchen und ein Zeichen durch ein anderes ersetzen
public String ReplaceString(String text, String textreplace, String textnew)	Text durchsuchen und Teile ersetzen
public void resetGPS()	Serielle Puffer für GPS-Empfänger löschen
public void SetIOChannel0(String channel)	Setzen des ersten zu beobachtenden IO-Kanals
public void SetIOChannel1(String channel)	Setzen des zweiten zu beobachtenden IO-Kanals
public void StartStopApplication()	Starten und Stoppen der Aufnahme
private void timerCapt_timer(Object source, Event e)	Timer für die Aufnahme von Videobildern
private void timerGPS_timer(Object source, Event e)	Timer für die Aufzeichnung der GPS-Datensequenzen

private void timerIO_timer(Object source, Event e)	Timer für die Aufzeichnung von zwei Kanälen der Multi-IO-Karte
public VideoCaptureForm()	Konstruktor: Initialisierung der Applikation

Tabelle 14: Wichtigste Methoden der Klasse VideoCaptureForm

12.4.2. Klasse VideoCapCtl (C++-Projekt VideoCap)

Membervariablen	
Typ und Name	Erklärung
HWND m_hWndCapture	Handle für das Frame-Capture-Fenster

Tabelle 15: Wichtigste Membervariable der Klasse VideoCapCtl

Methoden	
Name und Parameter	Erklärung
void CvideoCapCtrl::InitializeC apture()	Frame-Capture-Karte initialisieren und Videogröße und Bildfrequenz festlegen (Werte aus der Windows-Registrierung auslesen)
long CvideoCapCtrl::Capture(B STR FAR* fileName)	Bild aufnehmen und unter gegebenem Dateinamen abspeichern

void CvideoCapCtrl::OnShowWindow (BOOL bShow, UINT nStatus)	Videofenster wird sichtbar
--	----------------------------

Tabelle 16: Wichtigste Methoden der Klasse VideoCapCtrl

12.4.3. Klasse IOForm2 (Visual Basic-Projekt A822Control2)

Konstanten	
Typ und Name	Erklärung
Const c_dataNo	Anzahl der AD-gewandelten Samples im IO-Puffer
Const c_gainType	Typ der Multi-IO-Karte (A-822PGL)

Tabelle 17: Konstanten der Klasse IOForm2

Membervariablen	
Typ und Name	Erklärung
Dim m_actValue0 As String	Aktueller Wert des Samples vom ersten ausgewählten Kanal der Multi-IO-Karte
Dim m_actValue1 As String	Aktueller Wert des Samples vom zweiten ausgewählten Kanal der Multi-IO-Karte

Tabelle 18: Wichtigste Membervariablen der Klasse IOForm2

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

Methoden	
Name und Parameter	Erklärung
Public Sub DriverClose()	Verbindung zur IO-Karte (Treiber) trennen
Public Function DriverInit() As Boolean	Treiber der IO-Karte initialisieren
Public Function A822_GetChannel0() As String	Kanalnummer des ersten ausgewählten Kanals auslesen
Public Function A822_GetChannel1() As String	Kanalnummer des zweiten ausgewählten Kanals auslesen
Public Function A822_GetInRange0() As Integer	Meßbereich des ersten ausgewählten Kanals auslesen
Public Function A822_GetInRange1() As Integer	Meßbereich des zweiten ausgewählten Kanals auslesen
Public Function A822_GetValue0() As String	Aktuellen Wert des ersten ausgewählten Kanals auslesen
Public Function A822_GetValue1() As String	Aktuellen Wert des zweiten ausgewählten Kanals auslesen
Public Function	Kanalnummer des ersten ausgewählten

A822_SetChannel0() As String	Kanals setzen
Public Function A822_SetChannel1() As String	Kanalnummer des zweiten ausgewählten Kanals setzen
Public Function A822_SetInRange0() As Integer	Meßbereich des ersten ausgewählten Kanals setzen
Public Function A822_SetInRange1() As Integer	Meßbereich des zweiten ausgewählten Kanals setzen
Public Sub Initialize()	OCX-Oberfläche initialisieren
Public Sub StartCard()	Timer Timer1, der Meßwerte im Intervall von 100 Millisekunden ausliest, starten
Public Sub StopCard()	Timer Timer1 stoppen

Tabelle 19: Wichtigste Methoden der Klasse IOForm2

12.5. ANHANG ZUM FELDSYSTEM



Abbildung 88: KP-5212T/A