

Fachgebiet für Unternehmensforschung und Informationsmanagement
der Technischen Universität München
in Freising-Weihenstephan

**Entwicklung eines Management-Informationssystems für Entscheidungen
im Precision Farming**

Hubert Linseisen

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät des Wissenschaftszentrums Weihenstephan für
Ernährung, Landnutzung und Umwelt der Technischen Universität München zur Erlangung
des akademischen Grades eines

Doktors der Wirtschaftswissenschaften

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr. A. Heißenhuber
Prüfer der Dissertation:

1. Univ.-Prof. Dr. P. Wagner
Martin-Luther-Universität Halle
2. Univ.-Prof. Dr. H. Auernhammer
3. Univ.-Prof. Dr. D. Witt

Die Dissertation wurde am 31.07.2002 bei der Technischen Universität München eingereicht
und durch die Fakultät des Wissenschaftszentrums Weihenstephan für Ernährung, Landnut-
zung und Umwelt am 11.11.2002 angenommen.

Vorwort

Zahlreiche Institutionen und Personen haben durch ihre finanzielle und fachliche Unterstützung zum Gelingen der Arbeit beigetragen:

Mein besonderer Dank gilt

Herrn Univ.-Prof. Dr. P. Wagner für die Überlassung des Themas, die eingeräumte Freiheit und Eigenständigkeit bei der Bearbeitung sowie die stete Diskussionsbereitschaft,

Herrn Univ.-Prof. Dr. H. Auernhammer und Herrn Univ.-Prof. Dr. D. Witt für die Übernahme des Koreferates,

allen Kollegen am Fachgebiet für Unternehmensforschung und Informationsmanagement für die nette und bereichernde Arbeitsatmosphäre,

allen Mitarbeitern im Projekt Informationssystem kleinräumige Bestandesführung Dürnast (IKB Dürnast), allen Mitarbeitern der Versuchsstation für landwirtschaftliche Betriebslehre der Technischen Universität München, allen Mitarbeitern der Versuchsstation des Lehrstuhls für Pflanzenernährung und den technischen Mitarbeitern am Lehrstuhl für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung für die Versuchsdurchführung, der Diskussionsbereitschaft und der Überlassung von Daten,

Jan Wilhelm und meinem Bruder Martin für die Unterstützung bei der Programmierung und der Verwaltung des Projektserverns,

meiner Freundin Marina Hörz, meiner Schwester Birgit, Karl-Heinz Freiberger, Sandra Hammerschmidt und Tobias Dittrich für die Durchsicht der vorliegenden Arbeit und der Mithilfe bei der Gestaltung der Dissertation,

meinem Bruder Stefan für die Gespräche mit praktischem Hintergrund,

der Deutschen Forschungsgesellschaft (DFG) für die finanzielle Unterstützung des Projektes IKB Dürnast, Teilprojekt 6 „Entwicklung eines Informationssystems für die Erfassung und Speicherung kleinräumiger Daten“,

Herrn Dr. Schwaiberger von der Firma Agricon GmbH, Jahna, für die Zurverfügungstellung der GIS-Software SS Toolbox und den Mitarbeitern der Firma für ihre allzeit gewährte Unterstützung,

der IBM, (International Business Machines Corporation), Armonk NY, für die Überlassung der Datenbanksysteme DB2 und DataJoiner mit SpatialExtender

meiner Freundin, meinen Eltern und meinem Onkel Michael für Ihre Rücksichtnahme und Unterstützung.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	I	
Inhaltsverzeichnis	II	
Verzeichnis der Abbildungen	VI	
Verzeichnis der Tabellen	IX	
Verzeichnis der Übersichten	X	
Verzeichnis der Tabellen im Anhang	XI	
Verzeichnis der Abkürzungen	XII	
I	Einführung	1
	1 Problemstellung	1
	2 Zielsetzung	2
	3 Aufbau der Arbeit	3
II	Theoretische Grundlagen für ein betriebliches Precision Farming-Management-Informationssystem	4
	1 Begriffsdefinition und Aufgaben des Managements und von Management-Informationssystemen	4
	2 Management bei Precision Farming	8
	2.1 Eingrenzung und Begriffsdefinition von Precision Farming	8
	2.2 Ziele des Precision Farming	9
	2.2.1 Ziele des Precision Farming auf der taktischen Ebene	9
	2.2.2 Ziele des Precision Farming auf der operativen Ebene	11
	2.3 Precision Farming als potentieller technischer Fortschritt und daraus resultierende Auswirkungen für die Beziehungen zwischen ökonomischen und ökologischen Zielen	15
	2.4 Planung und Entscheidung von teilflächenspezifischen Bewirtschaftungsmaßnahmen	17
	2.4.1 Planung und Entscheidung auf der taktischen Ebene	17
	2.4.2 Planung und Entscheidung auf der operativen Ebene	22
	2.5 Realisation von Precision Farming	24
	2.6 Kontrolle und Bewertung von Precision Farming	24
	2.7 Einsatzmöglichkeiten des Precision Farming	26

2.7.1	Überblick	26
2.7.2	Teilflächenspezifische Bodenbearbeitung	28
2.7.3	Teilflächenspezifische Aussaat	28
2.7.4	Teilflächenspezifische Düngung	29
2.7.4.1	Teilflächenspezifische Kalkung	29
2.7.4.2	Teilflächenspezifische Düngung mit P und K	29
2.7.4.3	Teilflächenspezifische N-Düngegaben	30
2.7.5	Teilflächenspezifische Pflanzenschutzmaßnahmen	31
2.7.6	Weitere Anwendungsbereiche	31
2.7.7	Resultierende Anforderungen an ein Precision Farming-MIS	33
3	Aufbau eines rechnergestützten Precision Farming-Informationssystems	35
3.1	Überblick über das gesamte Informationssystem und derzeitiger Stand der Standardisierung	35
3.2	Datenquellen	39
3.2.1	Untereinheit auf der mobilen Prozesstechnik	39
3.2.1.1	Allgemeine Struktur der Datenströme, Datenmanagement, und damit verbundene Probleme auf der mobilen Prozesstechnik	39
3.2.1.2	Datentransfer vom MPS zum MIS im Rahmen der DIN 9684 Teil 5	43
3.2.2	Weitere Daten mit x- und y-Koordinaten	49
3.2.3	Nicht mit x- und y- Koordinaten verknüpfte Daten	50
3.3	Datenhaltung und Datenverarbeitung	50
3.3.1	Relationale Datenbanken	51
3.3.2	Geo-Informationssysteme	53
3.3.2.1	Grundsätzliches	53
3.3.2.2	GIS-Datentypen	53
3.3.2.3	Wichtige Datenverarbeitungsmöglichkeiten mit GIS-Datentypen	54
3.3.3	Ansätze für eine gemeinsame Datenhaltung	66
3.4	Auswertungskomponenten	67
3.4.1	Operationale Planung von N-Düngemaßnahmen mit einem „Sensor-Ansatz mit Kartenüberlagerung“ und deren Auswertung	67

	3.4.2 Ist-Kostenrechnung	69
	3.5 Übertragung auf die mobile Prozesstechnik	70
4	Zukünftige Verbesserungsmöglichkeiten für das MIS	71
III	Konzeptionelle Umsetzung	73
1	Überblick	73
2	Datentransfer von der mobilen Prozesstechnik in die IMPORTDB	76
	2.1 Datentransferdatei von der mobilen Prozesstechnik	76
	2.2 Importskript in IMPORTDB	79
	2.3 Aufbau der Datenbank IMPORTDB	81
	2.3.1 Übersicht	81
	2.3.2 Die Tabellen im Einzelnen	81
	2.3.3 Datenumfang der automatisierten Prozessdatenerfassung im Rahmen der IMPORTDB	83
3	GIS-Datenaufbereitung	86
4	Datenimport in gesamtbetriebliche Datenbank und Struktur der gesamtbe- trieblichen Datenbank	90
	4.1 Import-Skript für die gesamtbetriebliche Datenbank	90
	4.2 Gesamtbetriebliche Datenbank	92
	4.2.1 Übersicht	92
	4.2.2 Die Tabellen im Einzelnen	92
5	Belieferung der Auswertungskomponenten und Rückgabe von Ergebnissen	99
	5.1 Datentransfer zu den Auswertungskomponenten	99
	5.1.1 Ausgabe für die Versuchsplanung mit einer ASCII-Datei	99
	5.1.2 Ausgabe für SISCA	100
	5.2 Datentransfer von den Auswertungskomponenten	104
	5.3 Visualisierung von Ergebnissen im GIS	104
	5.4 Übergabe von Aufträgen an die mobile Prozesstechnik	105
6	Ausrichten von Informationen auf Fahrgassen- und Teilarbeitsbreiten	107
IV	Ergebnisse	117
1	Versuchsplanung und -auswertung	117
	1.1 Versuchsplanung	117

1.2	Versuchsauswertung	123
2	Erste Schritte für die Weiterverarbeitung der Daten auf der mobilen Prozesstechnik	125
3	Datentransfer zu und von einer Kostenrechnung	126
V	Zusammenfassung	129
	Glossar	132
	Literatur	139
Anhang A:	Beispiel für eine Datentransferdatei mit integrierten Ortungsangaben im WGS84 nach DIN 9684 Teil 5	149
Anhang B:	Tabellen der IMPORTDB	151
Anhang C:	Skript für Datenimport in IMPORTDB	159
Anhang D:	In IMPORTDB enthaltene Daten der mobilen Prozesstechnik	164
Anhang E:	Skript für den Datenimport in die gesamtbetriebliche Datenbank und Er- stellung eines Views für eine Kostenrechnung	165
Anhang F:	Skript für Datenaufbereitung zu SISCA	171
Anhang G:	Skript zur Ausrichtung von Informationen in Fahrgassenrichtung und Teilarbeitsbreiten	174
Anhang H:	Daten der Versuchsplanung und –auswertung auf dem Schlag D22 in der Produktionsperiode 2000/2001	183

Verzeichnis der Abbildungen

Abb. 1	Management als Rückkopplungsprozess	5
Abb. 2	Ziele in der Landbewirtschaftung	9
Abb. 3	Ertragsbildung des Winterweizens und die darauf Einfluss nehmenden Wachstumsfaktoren	12
Abb. 4	Teilzielgrößen und ihre Beeinflussung durch produktionstechnische Maßnahmen bei Getreide	13
Abb. 5	Auswirkung des technischen Fortschritts auf die Zielerreichung	16
Abb. 6	Bestimmung des Aufwandsniveaus von Wachstumsfaktoren nach WAGNER (1999a, S. 45)	18
Abb. 7	Bestimmung des Aufwandsniveaus von Wachstumsfaktoren nach MEYER-AURICH et al. (2001) am Beispiel N-Düngung zu Kartoffeln	20
Abb. 8	Bewertung von Bewirtschaftungsverfahren und der Einfluss des technischen Fortschritts	26
Abb. 9	Notwendige Daten, Datenströme und Software für Precision Farming	37
Abb. 10	Aufteilung des LBS-11 Bit-Identifiers (ID) der Version 2.0A	40
Abb. 11	Aufbau des LBS-Identifiers für den Datentransfer vom Teilnehmer SEND an den Dienst DIEN	42
Abb. 12	Beschreibung des Datenobjekts Produkt-Messergebnisse	47
Abb. 13	Beschreibung des Datenobjekts Prozessdaten-Sollwertvorgabe	48
Abb. 14	Einfaches Beispiel für die Definition des Datentyps Polygon durch seine Eckpunkte	54
Abb. 15	Zuweisung von Informationen eines großen Polygons zu kleinen Polygonen mit Hilfe der Funktion der räumlichen Zuordnung	55
Abb. 16	Gemessene nfk-Punkte auf dem Schlag Schafhof visualisiert mit der GIS-Software SS Toolbox	58
Abb. 17	Einstellmöglichkeiten bei Verwenden der Kriging-Funktion mit der GIS-Software SS Toolbox	59
Abb. 18	Ergebnis der Kriging-Funktion für die nfk-Messpunkte auf dem Schlag Schafhof mit SS Toolbox	60
Abb. 19	Gemessene nfk- Punkte im Nordwesten des Schlages Schafhof	61
Abb. 20	Gewähltes Variogramm mit entsprechender Kovarianzfunktion nach Einstellungen aus Abbildung 17	62

Abb. 21	Ermittlung des Mittelpunktes eines Polygons und Anfügen der x- und y-Koordinaten als Sachdaten des Polygons	66
Abb. 22	Modell des landwirtschaftlichen N-Kreislaufs	68
Abb. 23	Optimale N-Aufnahme bei unterschiedlich prognostizierten Ertragsniveaus	69
Abb. 24	Konzept für ein verbessertes Precision Farming-MIS	71
Abb. 25	Überblick über das derzeit realisierte MIS für Entscheidungen im Precision Farming	73
Abb. 26	Sinnbilder für Programmablaufpläne	80
Abb. 27	Sinnbilder bei ER-Modellen	81
Abb. 28	Import von Daten der IMPORTDB in ArcView	86
Abb. 29	Die bewirtschafteten Felder und die Hoffläche der Versuchsstation Dürnast der TUM mit jeweiligen Hektarangaben	87
Abb. 30	Räumliche Zuordnung einer Punktdatenlage zu Teilflächen für mehrjährige Ist-Kostenrechnungsauswertungen	88
Abb. 31	Hinzufügen einer logischen Spalte zu einer .dbf-Datei eines ESRI Shape in ArcView	105
Abb. 32	Berechnung der restlichen Quadrateckpunkte im 1. und 2. Quadranten für die linke Arbeitsbreite (L) und die rechte Arbeitsbreite (R)	110
Abb. 33	Berechnung der restlichen Quadrateckpunkte im 3. und 4. Quadranten für die linke Arbeitsbreite (L) und die rechte Arbeitsbreite (R)	111
Abb. 34	Errechnete Quadrataußenlinienpunkte für eine linke und rechte Arbeitsbreite und Sollvorgabepunkte, die 2m*2m-Polygone repräsentieren	113
Abb. 35	Relativerträge der Jahre 1998 und 1999 mit Konturen der Versuchsanlage 2001 auf dem Schlag D22	118
Abb. 36	Relativertrag des Jahres 2000 und maximaler Relativertrag der Jahre 1998, 1999 und 2000 den Teilstreifen der Versuchsanlage 2001 des Schlages D22 zugeordnet	120
Abb. 37	REIP-Ermittlung für die Precision Farming Variante auf dem Schlag D22 zu EC 49	120
Abb. 38	Nfk-Werte der Teilstreifen der Versuchsanlage 2001 und errechnete Düngergabe für die Teilstreifen zu EC 49	123
Abb. 39	Ernteergebnisse des Jahres 2001 des Schlages D22, visualisiert im GIS	124
Abb. 40	Aus Sensordaten und ehemaligen Erträgen errechnete Düngergabe für die Streifenversuchsanlage Schafhof des Jahres 2000 und der Datenoutput der	

	Funktion	125
Abb. 41	Düngegaben und Erträge auf 30m*30m-Polygone zum Zwecke einer lang-jährigen Ist-Kostenrechnung verrechnet und daraus errechneter Deckungsbeitrag	128

Verzeichnis der Tabellen

Tab. 1	Liste der Gerätetypen	40
Tab. 2	Liste der Gerätepositionen bei den Gerätetypen 1 bis 15	41
Tab. 3	Nomenklatur des Backus-Naur-Formats (BNF)	47
Tab. 4	Koordinaten und nfk-Werte der 11 nächsten Punkte zum zu berechnenden Punkt mit den Koordinaten x: 4479572 und y: 5364089	60
Tab. 5	Bestimmung aller möglichen Entfernungen zwischen den in der Nähe liegenden gemessenen Punkten	61
Tab. 6	Analyse des Datenumfangs einer automatisierten Prozessdatenerfassung	84
Tab. 7	Tabelle Artikel-Arbeitsgänge (ARTARBGA)	94
Tab. 8	Aufbau der Tabellen Arbeiter, Kostenart, Selbstfahrer/Traktor (SELBSTRA), Anbaugerät1 (MOBPROZ1)	95
Tab. 9	Tabelle Prozess	96
Tab. 10	Die Tabellen Teilschlag (TEILSLAG), Teilschlagzuordnung (TSZUORDNUNG), Anbaueinheit (AEINHEIT) und Schlag	97
Tab. 11	Die Tabellen Betrieb, Wetterstation (WSTATION), und Wetterdaten (WDATEN)	98
Tab. 12	Auszug aus dem View VESUPLD22J01 (Versuchsplanung auf Schlag D22 im Erntejahr 2001)	100
Tab. 13	Ausschnitt aus einer Exportdatei, die aus dem View KLSCHN zur Weiterverarbeitung für die SISCA-Schnittstelle erstellt wurde	101
Tab. 14	Ausschnitt aus einer Schnittstellendatei zu SISCA	103
Tab. 15	Suche nach dem zweiten Quadrateckpunkt	109
Tab. 16	Werte für Sinus und Cosinus bei wichtigen Winkeln und Vorzeichen dieser Funktionen in den einzelnen Quadranten	112
Tab. 17	Datensätze, die ein Quadrat einer linken und einer rechten Teilarbeitsbreite repräsentieren	113
Tab. 18	Beispieldatensätze für eine teilflächenspezifische Auftragsdatei	115

Verzeichnis der Übersichten

Übers. 1	Programmablauf des Importskripts für Daten der mobilen Prozesstechnik in IMPORTDB	79
Übers. 2	Datenbankstruktur von IMPORTDB mit einem ER-Modell dargestellt	82
Übers. 3	Programmablauf des Skripts zum Import von teilflächenspezifischen Daten in die gesamtbetriebliche Datenbank und Export eines Views für Belange einer Ist-Kostenrechnung	91
Übers. 4	Datenbankstruktur von GESABEDB dargestellt mit einem ER-Modell	93
Übers. 5	Programmablauf zur Datenaufbereitung für die Schnittstellendatei zu SISCA	102
Übers. 6	Programmablauf der Überführung von in Fahrgassenrichtung und für Teilarbeitsbreiten ermittelten Informationen auf Sollvorgaben	108

Verzeichnis der Tabellen im Anhang

Tab. 1	Tabelle Traktor/Selbstfahrer (TRAKTSLF)	151
Tab. 2	Tabelle Pflug	152
Tab. 3	Tabelle Grubber	153
Tab. 4	Tabelle Kreiselegge (KEGGE)	153
Tab. 5	Tabelle Sägerät (SAEGERAT)	154
Tab. 6	Tabelle Einzelkornsägerät (EKSAEGER)	154
Tab. 7	Tabelle Düngerstreuer (DNGRSTRA)	155
Tab. 8	Tabelle Pflanzenschutzspritze (PSMSPRIT)	156
Tab. 9	Tabelle Mähdrescher (MAEHDRES)	157
Tab. 10	Tabelle Feldhäcksler (FHAECKSL)	157
Tab. 11	Tabelle Transport (TRANSPOR)	158
Tab. 12	Tabelle Mulchgerät (MULCHGER)	158
Tab. 13	Zusammenstellung der in IMPORTDB befindlichen Datensätze	164
Tab. 14	Zusammenstellung der Informationen aus der gesamtbetrieblichen Datenbank zum Zwecke einer Versuchsplanung und -auswertung	183

Verzeichnis der Abkürzungen

A

AB	Arbeitsbreite
Abb.	Abbildung
AB-NR	Arbeitsbreitennummer
ADIS	Agricultural Data Interchange Syntax
AEINHEIT	Anbaueinheit, Tabelle in GESABEDB
Arb	Arbeiter
ARTARBGA	Artikel-Arbeitsgänge, Tabelle in GESABEDB
ASCII	American Standard Code for Information Interchange

B

BBA	Biologische Bundesanstalt
BLOB	Binary Large Objects
BMELF	Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, jetzt BMVEL
BMU	Bundesministerium für Umwelt
BMVEL	Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft
BNF	Backus-Naur Format
BULK	unstrukturierte Datenströme im Rahmen einer DB
bzw.	beziehungsweise

C

C	Kohlenstoff
---	-------------

CAN	Controller Area Network
-----	-------------------------

D

d	Distanz (in m)
DB	Datenbank
DBMS	Datenbankmanagementsystem
DGPS	Differential Global Positioning System
d.h.	das heißt
DIEN	Dienst nach DIN 9684 Teil 3
DIN	Deutsches Institut für Normung
dlnummer	durchlaufende Nummer
DNGRSTRA	Düngerstreuer, Tabelle in IMPORTDB
dt	Dezitonne
DTD	Datentransferdatei
DYNA-MISCH	kurzzeitig erstellte Tabelle in GESABEDB
DYNVIEW	kurzzeitig erstellter View in GESABEDB
E	
EC	Entwicklungsstadien von Pflanzen definiert von der Pflanzenbauvereinigung Eucapia
EE	Ertragserwartung
EKSAEGER	Einzelkornsäuger, Tabelle

	in IMPORTDB	Hrsg.	Herausgeber
EMPF	Empfänger nach DIN 9684 Teil 3	HWP	Hauptwendepunkt
EN	Kürzel bei gleicher Nummer der deutschen Norm und der europäischen Norm	I IBM	International Business Maschines Corporation
ER	Entity-Relationship	ID	Identifizier
Ertr	Ertrag	IDN	Identifizier-Nummer
ESRI	Enviromental Systems Re- search Institute	i.d.R.	in der Regel
et al.	et alteri	IEC	International Electrotech- nical Commission
etc.	et cetera	i.e.S.	im engeren Sinne
F		IfGI	Institut für Geoinformatik an der Universität Münster
f.	folgende Seite	IKB Dürnast	Informationssystem klein- räumige Bestandesführung
fa	Umrechnungsfaktor		Dürnast
FE	flächeneinheitliche Strategie	IMI	Implement Indicator
ff.	folgende Seiten	IMPORTDB	Datenbank für Daten der mobilen Prozesstechnik
FG-NR	Fahrgassennummer	INST	Instanz nach DIN 9684 Teil 3 und 5
FHAECKSL	Feldhäcksler, Tabelle in IMPORTDB	IREIP	Ist-REIP
G		ISO	Internationale Organisation für Normung
g	Gramm	i.w.S.	im weiteren Sinne
GESABEDB	gesamtbetriebliche Daten- bank	K	
GETY	Gerätetypen definiert nach DIN 9684 Teil 3	K	Kalium
GIS	Geo-Informationssystem	Kap.	Kapitel
GPS	Global Positioning System	KAS	Kalkammonsalpeter
H		KEGGE	Kreiselegge
ha	Hektar, Hektare	kg	Kilogramm
HE	Hohertragsstandort	KG	Kostengerade

KLSCHN	Kostenrechnungsschnittstelle, View in GESABEDB	system	
		mm	Millimeter
KOORDINX	x-Koordinate	MOBPROZ1	Anbaugerät 1, u.a. Tabelle in GESABEDB
KOORDINY	y-Koordinate		
KTBL	Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft	MOD	Modifizierer von PD nach DIN 9684 Teil 3 und 5
		MPS	mobiles Prozesscomputer-System
L		MULCHGER	Mulchgerät, Tabelle in IMPORTDB
l	Liter		
LAV	Landmaschinen- und Acker- schlepper-Vereinigung	m ²	Quadratmeter
LBS	Landwirtschaftliches Bus System (DIN 9684 Teil 1-5)	N	
		N	Stickstoff
LBP	Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau	NameG	Name des Gutes
		Nametra	Name Traktor/Selbstfahrer
		NB	N-Bedarf der Pflanze
LIS	Listennummer nach DIN 9684 Teil 3 und 5	NE	Niedrigertragsstandort
		nfk	nutzbare Feldkapazität (in mm)
LKGIS	View der GESABEDB zur Visualisierung von Kosten- rechnungsdaten im GIS	NH ₄ ⁺	Ammoniumion
		nm	Nanometer
		NMEA	National Marine Electronics Association
M			
m	Meter	NO ₃ ⁻	Nitration
MAEHDRES	Mähdrescher, Tabelle in IMPORTDB	O	
MEAPRAHA	Measured Application Rate Per Hectar	ODBC	Open Database Connectivity
		o.J.	ohne Jahr
mGE	monetäre Gesamtertragskurve	OSI	Open Systems Interconnection
MINV	Matrix Inverse (Funktion unter Microsoft Excel)	P	
MIS	Management-Informations-	P	Phosphor

PD	Datentyp nach DIN 9684 Teil 3 und 5	TaT	Tagesteil
pH	Protonenkonzentration	TEILSLAG	Teilschlag, Tabelle in GESABEDB
POS	Position des Anbaugerätes nach LBS	TKG	Tausendkorngewicht
PRI	Prioritätsgruppe nach DIN 9684 Teil 3	TP	Teilprojekt des IKB Dürnast
PSM	Pflanzenschutzmaßnahme	TRAKTSLF	Traktor/Selbstfahrer, Tabel- le in IMPORTDB
PSMSPRIT	Pflanzenschutzspritze, Tab- elle in IMPORTDB	TRANSPOR	Transportwagen, Tabelle in IMPORTDB
R		TS	teilflächenspezifische Stra- tegie
RDBMS	relationales Datenbankma- nagementsystem	TSZUORD- NUNG	Teilschlagzuordnung, Tabel- le in GESABEDB
REIP	red egde inflection point	TUM	Technische Universität München
S		U	
SAEGERAT	Sägerät, Tabelle in IMPORTDB	Übers.	Übersicht
SELBSTRA	Selbstfahrer/Traktor, u.a. Tabelle in GESABEDB	usw.	und so weiter
SEND	Sender nach DIN 9684 Teil 3	V	
SISCA	Site-Specific-Cost-Accoun- ting	v.a.	vor allem
SITfrTr	Selbstfahrer/Traktor	ver.	verschiedene
SolIEC30	N-Düngersollvorgabe zu EC30	VESUPLD	View zur Belieferung der 22J01 Versuchsplanung auf D22 2001 in der GESABEDB
SQL	Structured Query Language	vgl.	vergleiche
SREIP	Soll-REIP	vorauss.	voraussichtlich
T		W	
t	Tonne	WDATEN	Wetterdaten, Tabelle in GESABEDB
Tab.	Tabelle	WERT	Wertegruppe nach DIN 9684 Teil 3 und 5

WGS84 World Geodetic System
1984

WSTATION Wetterstation, Tabelle in
GESABEDB

Z

Z Zeile

ZAEHLNUM Zählnummer nach DIN
9684 Teil 3 und 5

z.B. zum Beispiel

sonstige Abkürzungen

.csv Comma Separated Variables
(Dateiformat)

.dbf Database File (Dateiformat)

.shp Shape (Dateiformat)

°C Grad Celsius

% Prozent

> größer als

< kleiner als

I Einführung

1 Problemstellung

Mit der Ratifizierung der Agenda 21 in Rio de Janeiro 1992 wird für alle Bereiche der Politik weltweit das Leitbild einer „nachhaltigen Entwicklung“ (sustainable development) vorangestellt (BMU, 1992). „Im Sinne der Agenda 21 bedeutet eine nachhaltige Entwicklung im Wesentlichen, in ökologischer, ökonomischer und sozialer Hinsicht Rahmenbedingungen zu schaffen, die den künftigen Generationen weltweit vergleichbare Lebenschancen sichern und zur Erfüllung menschlicher Bedürfnisse beitragen“ (Scherer, 2000, S. 7). Auch Entscheidungsträger sind demnach angehalten, neben ökonomischen Zielen, zudem ökologische und soziale Ziele beim Management von Unternehmen und Institutionen zu berücksichtigen. Unter Punkt 14 der Agenda 21 wird speziell für den Agrarsektor eine „nachhaltige Landwirtschaft“ gefordert. Bestehende Landnutzungsverfahren und neue Entwicklungen sind demzufolge auf die Zielerfüllung in den Bereichen der Ökonomie, Ökologie und dem Sozialen hin zu bewerten. In den Dekaden zuvor wurden Verfahren und Entwicklungen in der Landwirtschaft größtenteils nach der ökonomischen Zielerfüllung beurteilt. Von Verfahren in dieser Periode wurden die ökonomischen Ziele durch Intensivierung und Rationalisierung zu erreichen versucht (Schön et al., 1998, S. 15).

Die Agrarwissenschaften haben für die Gesellschaft und im Speziellen für den Agrarsektor die Aufgabe den Begriff „nachhaltige Landwirtschaft“ durch eine eindeutigeren Zieldefinition und durch Auswahl geeigneter Indikatoren¹ zu konkretisieren. Die Indikatoren dienen hierbei zur Messung der Zielerreichung. Desweiteren müssen neue Entwicklungen diese Ziele verbessert erfüllen können.

Precision Farming-Ansätze stehen derzeit bei der Entwicklung neuer Landbewirtschaftungsmaßnahmen im Mittelpunkt der weltweiten agrarwissenschaftlichen Forschung (Auernhammer, 1999, S. 58). Hierbei versteht man, i.e.S., die Strategie, durch unterschiedliche Intensitätsstufen bei Landbewirtschaftungsmaßnahmen auf relevante Heterogenitäten innerhalb eines Schlags zu reagieren. In dieser Definition ist Precision Farming gleichzusetzen mit „teilflächenspezifischer Bewirtschaftung“, „teilflächenspezifischer Pflanzenproduktion“ oder mit

¹ Indikatoren und Zielgrößen werden in dieser Arbeit synonym verwendet.

„ortsspezifischem Pflanzenbau“. Ziel ist es auch bei diesen Entwicklungen, die i.d.R. konträren ökonomischen, ökologischen und sozialen Ziele bei der Landbewirtschaftung einem verbesserten Kompromiss zuzuführen. Die Ziele sollen so insgesamt verbessert erreicht werden. Zur Umsetzung dieses Ansatzes sind technische Hilfsmittel auf dem stationären Betriebsrechner und auf mobilen Arbeitsgeräten wie Schleppern mit Anbaugeräten und Selbstfahrern notwendig, um den Entscheidungsträger bei seinen Managementaufgaben zu unterstützen. „Mit Hilfe von Bordcomputern, Differentiellen Globalen Positionierungssystemen (DGPS) sowie diversen Sensoren und Aktoren [...], wird ein informationstechnischer Regelkreis geschlossen, der von der lokalen Ortsbestimmung und Ernteerfassung über die Auswertung und Planung mit Hofrechnern bis zur gezielten Ausbringung von Saatgut, Düngern und Pflanzenschutzmitteln eine Reihe von konventionellen Verfahren durch elektronische und rechnergestützte ablöst“ (Lamp. et al., 1998, S. 7). Derartige Systeme werden bereits in der Praxis eingesetzt. Hierbei halten allerdings viele Praktiker neben der technischen Zuverlässigkeit die Datenlogistik, d. h. die aktionsgerechte Aufarbeitung und Bereitstellung der Daten zur Unterstützung unterschiedlicher Managementaufgaben, für das größte Problem bezüglich der breiten Einführung der teilflächenspezifischen Pflanzenproduktion (Lamp et al., 1998, S. 7 f.).

2 Zielsetzung

Das ist der Ausgangspunkt für die vorliegende Arbeit: Ein den Entscheidungsträger bei Managementaufgaben für Precision Farming-Ansätze unterstützendes Informationssystem, ein sogenanntes „Management-Informationssystem“ (MIS), soll entwickelt werden. Dieses System soll den Regelkreis von der Datenerfassung, der Auswertung und Planung, bis hin zur Auftragsanweisung von teilflächenspezifischen Bewirtschaftungsmaßnahmen für praktische und wissenschaftliche Zwecke verbessert bewältigen können. Durch Offenlegung der hierzu notwendigen Programmabläufe und Datenbankstrukturen soll eine Diskussionsbasis für eine zukünftig reibungslosere „Datenlogistik“ zur Zieldefinition, Planung, Entscheidung, Kontrolle und Bewertung von teilflächenspezifischen Bewirtschaftungsmaßnahmen auf dem stationären Betriebsrechner geschaffen werden.

Ansätze für eine Landbewirtschaftungsmaßnahme, einer teilflächenspezifischen Stickstoffdüngung, stehen im Mittelpunkt der Forschungstätigkeit des Informationssystems kleinräumi-

ge Bestandesführung Dürnast (IKB Dürnast; <http://ikb.weihenstephan.de>), in dessen Rahmen diese Arbeit entstanden ist. Deswegen wird bei der Umsetzung des MIS ein Hauptaugenmerk auf einen „Sensor-Ansatz mit Kartenüberlagerung“ für eine Stickstoffdüngung zwischen EC 30 und EC 55 gelegt.

3 Aufbau der Arbeit

In Kapitel II, dem theoretischen Teil der Arbeit, werden unter Punkt 1 Aufgaben des Managements und der sie unterstützenden Informationssysteme allgemein erläutert. Managementaufgaben im Speziellen für Precision Farming werden unter Punkt 2 zusammengefasst und daraus resultierende Anforderungen an die notwendige räumliche und zeitliche Auflösung der relevanten Informationen gefolgert. In Punkt 3 werden Daten, Datenströme und Software beschrieben, um diese Anforderungen erfüllen zu können. Ein Verbesserungsvorschlag für die zukünftige Datenverarbeitung in einem Precision Farming-MIS rundet dieses theoretische Kapitel der Arbeit ab. In Kapitel III wird die derzeitige konzeptionelle Umsetzung des entwickelten Precision Farming-MIS besprochen. An dieser Stelle werden die für das MIS notwendigen Programmabläufe und Datenbankstrukturen gezeigt. In Kapitel IV werden schließlich die aufgabenspezifischen Ergebnisse vorgestellt. Eine Abrundung der Arbeit in Form einer Zusammenfassung der Ergebnisse findet sich in Kapitel V.

II Theoretische Grundlagen für ein betriebliches Precision Farming- Management-Informationssystem

1 Begriffsdefinition und Aufgaben des Managements und von Management- Informationssystemen

Management² ist die Leitung von Systemen mit Hilfe von professionellen Methoden (nach Ulrich und Fluri, 1995, S. 13). „Unter einem System wird eine Anzahl von Elementen verstanden, zwischen denen irgendwelche Beziehungen bestehen bzw. hergestellt werden können und die damit eine Grundgesamtheit bilden. [...] Als weiteres Kriterium ist die Abgrenzung des Systems gegenüber seiner Umwelt hervorzuheben“ (Steffen und Born, 1987, S. 14). Um das System mit Hilfe von professionellen Methoden u.a. leiten zu können, ist es erforderlich, das System als Modell „nachzubauen“ und damit reale Abläufe zu simulieren (Steffen und Born, 1987, S. 19). Als ein System kann z.B. ein Betrieb gesehen werden, in dem die Produktionsfaktoren, als ein Teil der Systeminputfaktoren, zusammengefasst sind. Durch planmäßiges Handeln der Betriebsleitung werden die Systeminputfaktoren zur Gütererzeugung, als ein Teil der Systemoutputfaktoren, kombiniert (Steinhauser et al., 1992, S. 15). Ein Betrieb lässt sich wiederum in Subsysteme unterteilen. Dies können z.B. einzelne Betriebszweige oder auch einzelne Felder eines Betriebes sein (Steffen und Born, 1987, S. 254). Zusammenfassend kann man folgende Aussage treffen: Das Management hat Verfügungsgewalt über verschiedene Inputfaktoren eines Systems oder Subsystems. Diese Inputfaktoren werden planmäßig durch die Betriebsleitung kombiniert, um einen Systemoutput zu erstellen (nach Kirsch, 1994, S. 110 ff.).

Diese „planmäßige Kombination“ von Inputfaktoren eines System, um einen Systemoutput zu erzeugen wird folgend genauer beschrieben.

Von vielen Autoren aus dem Bereich der Managementlehre sowie in der vorliegenden Arbeit wird Management als Rückkopplungsprozess (Regelkreis) im Rahmen eines Systems aufgefasst (siehe Abbildung 1; Wagner, 2000, S. 86 f.; Ulrich und Fluri, 1995, S. 23 ff. und S. 111; Koreimann, 1992, S. 39; Kirsch, 1994, S. 44). Als Erstes werden bei diesem Rückkopplungs-

² Management wird im deutschen Sprachraum oftmals mit Leitung, Führung, Unternehmensführung, Betriebsführung, Menschenführung gleichgesetzt und mit diesen Begriffen synonym verwendet (Müller, 1993, S. 1; Koreimann, 1992, S. 8). In dieser Arbeit wird mit Management v.a. die Betriebsführung, die weitgehend auf den produktionstechnischen Ablauf konzentriert ist, verstanden (Steffen und Born, 1987, S. 171).

prozess Probleme eines Systems erkannt und daraus abgeleitet für die Zukunft Ziele definiert. In der Abbildung 1 wird der Bereich Problemerkennung dem Bereich der Definition von Zielen zugeordnet, da diese eng miteinander verflochten sind.

In der Planungsphase werden dann Alternativen zur Zielerreichung erarbeitet. Hierzu ist bereits ein möglichst genaues Wissen über das System erforderlich. Durch Planungsmodelle können dann etwaige Auswirkungen von möglichen Kombinationen der Inputfaktoren auf die Outputfaktoren ex ante vorausberechnet werden.

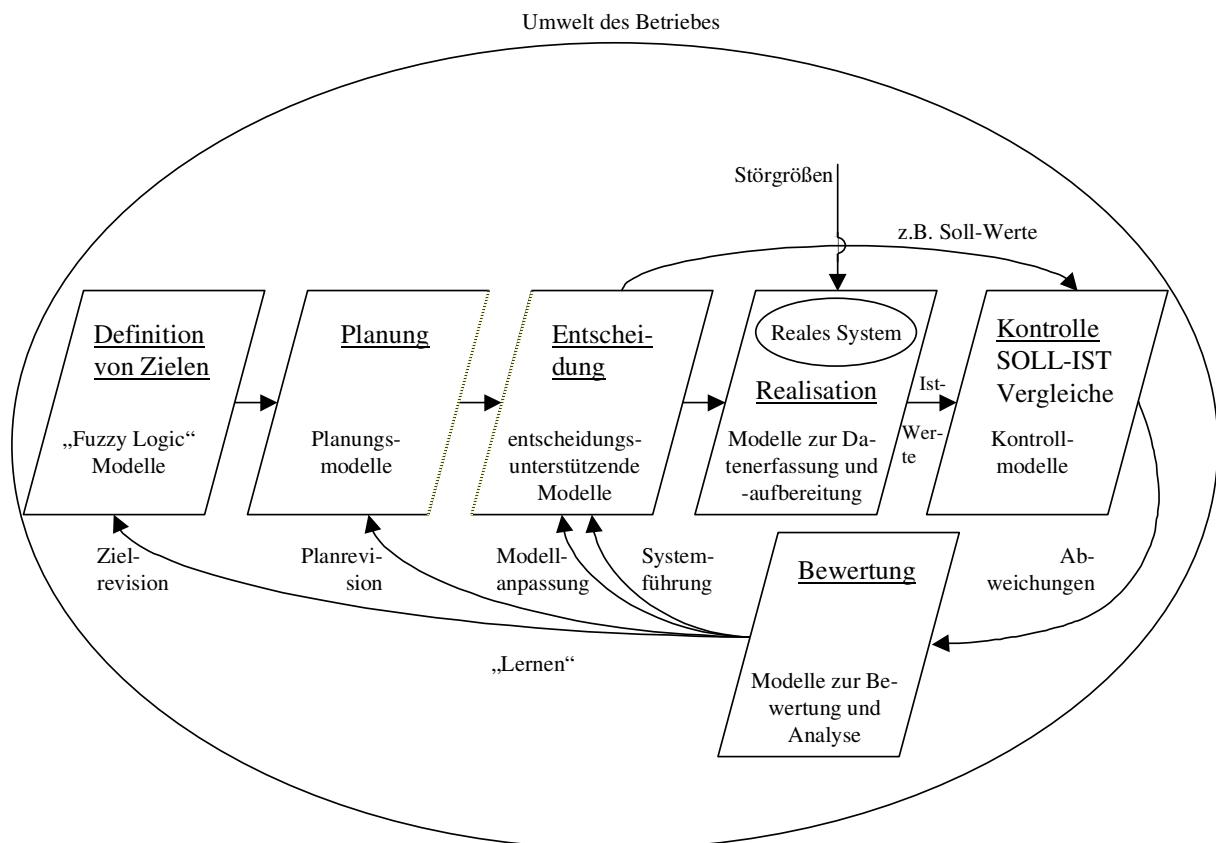


Abb. 1: Management als Rückkopplungsprozess (nach Wagner, 2000, S. 87)

In der davon nicht klar abtrennbaren Entscheidungsphase geht es darum, die nach den Zielvorstellungen der Betriebsleitung beste Kombination der Inputfaktoren zu finden. Mit Hilfe von Planungsmodellen kann das Management Plan-Vorgaben für die durch ihn beeinflussbaren Inputfaktoren des Systems für unterschiedliche Alternativen benennen. Auch Plan-Outputfaktoren des Systems sind durch derartige Modelle prognostizierbar. Es kann zudem durch „Plan-Zielgrößen“ ermittelt werden, in welchem Maße die definierten Ziele voraussichtlich durch die unterschiedlichen Alternativen erreicht werden können. Da Ziele meist konkurrierende Beziehungen aufweisen, wird bei der Entscheidung nach einer „befriedigenden Lösung“ gesucht. Bei der Kombination der Inputfaktoren wird zumindest eine Mindest-

füllung einzelner aufgestellter Ziele erwartet (nach Ulrich und Fluri, 1995, S. 24). Das Management entscheidet sich nach der geschilderten Regel u.U. mit entscheidungsunterstützenden Modellen. Die gewählte Planungsalternative ist gekennzeichnet durch eine Kombination von sogenannten Soll-Systeminputfaktoren. Diese Soll-Werte müssen nun durch das zu führende System realisiert werden. Bei der Realisation der Soll-Werte wird das System hierbei auch von vom Management nicht beeinflussbaren Inputfaktoren, den Störgrößen, berührt. Derartige Störgrößen, wie z.B. die Witterung im Agrarsektor, können durch Annahmen in der Planungsphase zumindest Berücksichtigung finden. Erst wenn das reale System reagiert hat, zeigt eine Kontrolle des Ergebnisses, das in Form von Ist-Input- und Outputwerten gemessen werden muss, „ob das Problem auch tatsächlich gelöst wurde oder ob nicht etwa neue Probleme aufgetreten sind, die erneute Zielbildungs-, Planungs oder Entscheidungsprozesse auslösen“ (Wagner, 2000, S. 87). Was zu geschehen hat, wenn die geplanten Ergebnisse (Sollwerte) von den tatsächlichen Ergebnissen (Ist-Werte) in größerem Maße abweichen, wird in der Phase der Bewertung mit Hilfe von Bewertungs- und Analysemodellen festgelegt (Wagner, 2000, S. 87; Koreimann, 1992, S. 39). Resultat der Bewertungsphase sind Zielrevisionen und Modellanpassungen in den vorhergehenden Phasen. Der Vorgang, der als „Lernen“ bezeichnet werden kann, dient in Zukunft dazu zu befriedigenderen Entscheidungen zu kommen (siehe Abbildung 1 unten).

Wie bereits angedeutet, können Planungs- und Kontrollvorgänge auch ohne die Phase der Realisation stattfinden. Planungsalternativen lassen sich durch einen Größenvergleich der Plan-Systeminput- und -outputfaktoren der einzelnen Alternativen kontrollieren und bewerten. Diese Größen können, wie oben geschildert, aus Planungsmodellen ex ante prognostiziert werden. Eine Realisation der einzelnen Alternativen kann unterbleiben. Auf eine Darstellung dieser Vorgänge wurde aus Gründen der Übersichtlichkeit in der Abbildung 1 verzichtet (nach Bea et al., 1993, S. 95 ff.).

Dieser Rückkopplungsprozess hat Gültigkeit für unterschiedlichste Leitungsaufgaben in einem System oder Subsystem. Entscheidungsabläufe³ werden in dieser Arbeit nach den Kriterien Zeithorizont und Gewichtigkeit unterschiedlichen Ebenen zugeordnet:

- Entscheidungsabläufe über Art und Umfang der Produktion und der Kapazitätsausstattung für mehrere Jahre werden der strategischen Ebene zugeordnet
- Entscheidungsabläufe für eine Produktionsperiode oder einem Wirtschaftsjahr werden der taktischen Ebene zugeordnet. Diese Abläufe müssen den durch strategische Ent-

³ Entscheidungsabläufe und Regelkreis des Managements werden synonym verwendet

scheidungen gesetzten Rahmen berücksichtigen. Im Mittelpunkt stehen Fragen der Produktionsvorbereitung.

- Entscheidungsabläufe für Zeiträume von wenigen Tagen oder Wochen werden der operativen Ebene zugeteilt. Entscheidungen über Mengen- oder Arbeitseinsatz und dem Zeitpunkt anstehender Bewirtschaftungsmaßnahmen oder Teilen davon stehen hier im Mittelpunkt (nach Oehm, 1992, S. 6; nach Bea et al., 1993, S. 34 ff.).

Nach Wöhe (1990, S. 203) wird als Information „nicht jedes beliebige Wissen, sondern zweckbezogenes, entscheidungsrelevantes Wissen“ verstanden. Zweck in diesem Zusammenhang ist es, die angesprochenen Modelle, als Hilfsmittel des Managements, mit benötigten Informationen zu beliefern.

Ein computergestütztes Management-Informationssystem (MIS) ist daraus folgernd als ein Mensch-Maschine-System zur Bereitstellung von Informationen zu verstehen, um den Führer des Systems bei Managementaufgaben zu unterstützen. Ein derartiges System besteht aus Hardware, Software, manuellen Prozeduren und Modellen als Hilfsmittel zur Zieldefinition, Planung, Entscheidung, Realisation, Kontrolle und Bewertung (nach Davis und Olson, 1985, S. 6; Wagner, 2000, S. 87).

Ein MIS hat die Aufgabe, relevante Informationen („welche“) aufzunehmen und die jeweils relevanten Informationen

- zum jeweils gewünschten Zeitpunkt („wann“; ermöglicht durch eine Datenablage⁴)
- in der jeweils gewünschten Form („wie“; durch Verrechnung) und
- am jeweils gewünschten Ort („wo“; durch Datenübertragung und –ausgabe) dem Betriebsleiter zur Verfügung zu stellen (nach Wöhe, 1990, S. 249 f.).

Die einzelnen Phasen des Managements werden nun für Precision Farming-Ansätze im Punkt 2 näher besprochen. Unter Punkt 2.7 werden darauf Precision Farming-Einsatzmöglichkeiten näher beschrieben. Aufgrund der Einsatzmöglichkeiten werden Anforderungen an ein Precision Farming-MIS unter Punkt 2.7.7 zusammengestellt.

⁴ Daten und Informationen werden in dieser Arbeit als synonyme Begriffe verwendet

2 Management bei Precision Farming

2.1 Eingrenzung und Begriffsdefinition von Precision Farming

Bisher wurde i.d.R. bei der Landbewirtschaftung bei Maßnahmen das Feld als unterste örtliche Ebene eines zu leitenden Subsystems angesehen.

Mit Precision Farming i.e.S. ändert sich das. Mit unterschiedlichen Intensitätsstufen bei Landbewirtschaftungsmaßnahmen wird hierbei auf relevante Heterogenitäten innerhalb eines Schlages reagiert. Große Heterogenitätsunterschiede zwischen verschiedenen Teilschlägen bei gleichzeitiger Homogenität innerhalb der jeweiligen Teilschläge sind für Precision Farming erfolgsversprechend (Wagner, 1999a, S. 44 ff.). I.d.R. ist hierfür die Information des Ortes, also wo sich die zu leitenden Teilschläge befinden, für die Planung, Entscheidung, Realisation, Kontrolle und Bewertung von Precision Farming-Maßnahmen mit einer Genauigkeit von $\pm 1\text{m}$ zu erfassen. Solche genaue Informationen über den Ort liefert das Differential Global Positioning System (DGPS). Die unterste zu leitende örtliche Ebene ist demzufolge bei Precision Farming i.e.S. der Teilschlag.

Im weiteren Sinne kann unter Precision Farming auch die reine Datenaquisition für das Antragswesen oder Bestrebungen im Bereich Flottenmanagement, der Gewannebewirtschaftung oder der Pachtflächenverwaltung verstanden werden. Für diese Fragestellungen ist die Genauigkeit des Ortssignals nicht so bedeutend. Nicht korrigierte Global Positioning System (GPS) Signale mit einer Genauigkeit von etwa $\pm 10\text{m}$ reichen hierfür meist aus (Auernhammer, 1999, S. 60).

Durch Landbewirtschaftungsmaßnahmen mit Precision Farming sind v.a. Entscheidungsabläufe auf einer taktischen und operativen Ebene betroffen. Es sollen teilflächenspezifische Maßnahmen innerhalb einer Vegetationsperiode, die i.d.R. weniger als 12 Monate beträgt, geleitet werden.

In der vorliegenden Untersuchung wird der Begriff Precision Farming v.a. in der engeren Definition verwendet.

Ein Precision Farming-MIS ist Abschnitt 1 folgend ein Hilfsmittel, um die Betriebsleitung bei der Zieldefinition, Planung, Entscheidung, Realisation, Kontrolle und Bewertung von Precision Farming-Bewirtschaftungsmaßnahmen zu unterstützen.

2.2 Ziele des Precision Farming

2.2.1 Ziele des Precision Farming auf der taktischen Ebene

Mögliche Ziele bei der Führung von Systemen können nach der Agenda 21 den Bereichen Ökonomie, Ökologie und dem Sozialen zugeordnet werden (siehe Abbildung 2).

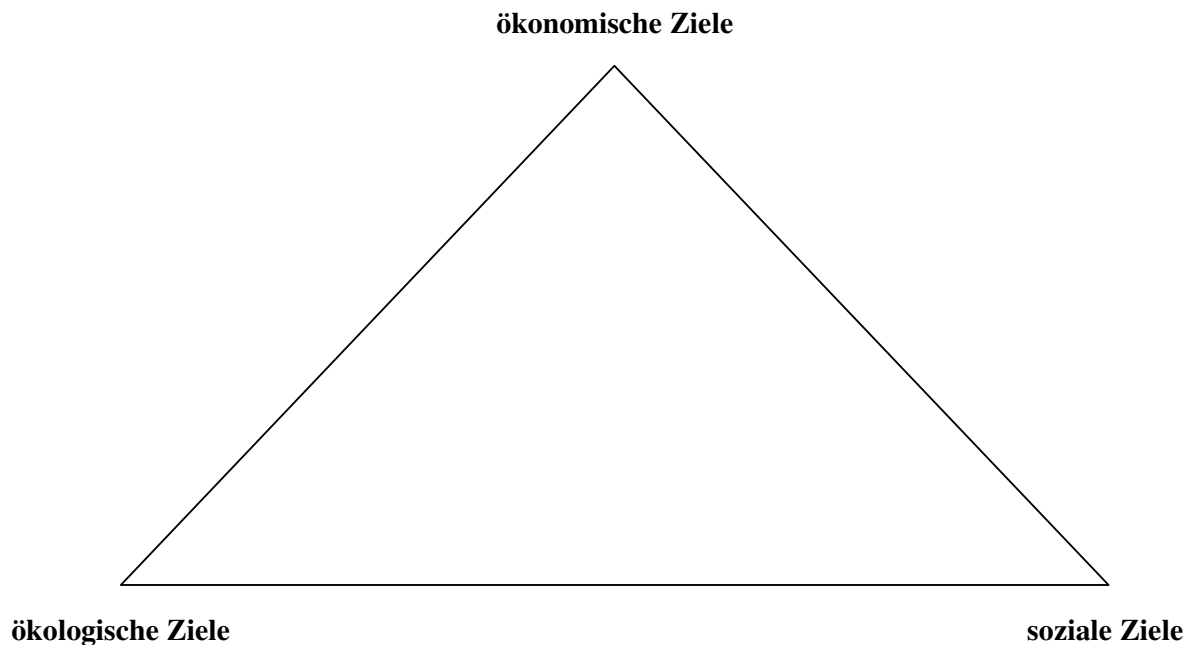


Abb. 2: Ziele in der Landwirtschaft (nach Breitschuh und Eckert, 2000, S. 20 ff.)

Die Ziele zueinander stehen in einer komplementären, indifferenten oder konkurrierenden Beziehung. Strebt man nach einem Ziel wird bei einer komplementären Beziehung das zweite Ziel ebenfalls verbessert erfüllt. Bei einer indifferenten Beziehung zweier Ziele zueinander, hat das Streben nach einem Ziel, keinen Einfluss auf das Erreichen des zweiten Ziels. Stehen zwei Ziele in einer konkurrierenden Beziehung zueinander, hat das Streben nach einem Ziel negativen Einfluss auf das Erreichen des zweiten Ziels. Die Beziehung zu einem Ziel kann sich auch mit dem Grad des Strebens nach einem Ziel verändern (Heißenhuber und Breitschuh, 2000, S. 88).

Ökonomische Ziele können auf der Ebene des Betriebes der Erhalt der Stabilität, Liquidität und Rentabilität sein. Zielgrößen sind hierbei u.a. ausreichende Cashflows, Gesamt-, Eigenkapital- oder Umsatzrentabilitäten oder eine ausreichend positive Eigenkapitalveränderung (Heißenhuber, 2000, S. 72 ff.). Auf der örtlichen Ebene der Betriebszweige werden gute Leistungs-Kostendifferenzen als Beitrag zum Erhalt der betrieblichen Stabilität, Liquidität und Rentabilität angestrebt (Linseisen et al., 2000a, S. 267 ff.). Leistungs-Kostendifferenzen wiederum sind sehr stark vom naturalen Ertrag der zu den Betriebszweigen gehörenden ange-

bauten Früchte bzw. des mit den Früchten angebauten Schlages oder, bei Precision Farming, des Teilschlages abhängig. Dies gilt im höchsten Maße für die düngerkostenfreie Leistung. Hier werden als einfach zu realisierende Leistungs-Kostendifferenz den mit Preisen bewerteten naturalen Erträgen die Düngekosten abgezogen. Neben der Agrarökonomie ist der naturale Ertrag auch im Lehrgebiet des Pflanzenbaus und der Pflanzenernährung eine wichtige „ökonomische“ Zielgröße (nach Heyland, 1991, S. 251 ff.).

Die wichtigsten ökologischen Ziele im Pflanzenbau sind den Bereichen Stoffhaushalt, Bodenschutz, Landschafts- und Artenvielfalt sowie Energieeinsatzes zuzuordnen. Zielgrößen sind u.a. Nährstoff-, Humus-, oder Energiesaldos, die Pflanzenschutzmittelintensität (gemessen mit der Anzahl an Spritzungen je Produktionsperiode), Verdichtungsgefährdung des Bodens, Erosionsdisposition, Individuenbreite und -zahl von Flora und Fauna (Heyn et al., 2000, S. 30 ff.).

Soziale Ziele bei der Führung von Systemen und Subsystemen können den Bereichen Beschäftigung, Selbstverwirklichung und gesellschaftliche Akzeptanz zugeordnet werden. Im Bereich Beschäftigung ist z.B. ein Unterziel, den Arbeitnehmern eines landwirtschaftlichen Betriebes ein „angemessenes Einkommen“ zu gewährleisten. „Dabei wird davon ausgegangen, dass die gezahlten Löhne nicht an der betrieblichen Substanz zehren, sondern tatsächlich erwirtschaftet werden und die Landbewirtschaftung durch den Betrieb aus sozialer Sicht um so nachhaltiger ist, je höher die Durchschnittslöhne sind. Dieses Kriterium steht in engem Zusammenhang mit der ökonomischen Dimension eines landwirtschaftlichen Betriebes“ (Müller und Kächele, 2000, S. 52). Gemessen wird das Unterziel als Durchschnittslohn je Vollarbeitskraft in einem landwirtschaftlichen Betrieb im Vergleich zu gewerblichen Löhnen. Ein Unterziel des Bereiches gesellschaftliche Akzeptanz ist, eine hohe Produktqualität zu gewährleisten. Zielgröße für dieses Unterziel ist die Anzahl der Beanstandungen in einem Jahr. Ein Unterziel des Bereiches Selbstverwirklichung ist es, einer „angemessenen“ Arbeitsbelastung ausgesetzt zu sein, gemessen mit der durchschnittlichen jährlichen Arbeitszeit je Vollarbeitskraft im Vergleich zu tariflichen Regelungen für die Gesamtwirtschaft (Müller und Kächele, 2000, S. 45 ff.).

Festzuhalten bleibt hierbei: Die Indikatoren können die Ziele bzw. Unterziele zum Teil nur schwer abbilden und auch teilweise nicht eindeutig den Zielen Ökonomie, Ökologie, oder dem Sozialen zugeordnet werden. Ein angemessenes Einkommen könnte, v.a. in Bezug auf den Eigentümer des Betriebes (hier besser als „Entnahmen“ zu bezeichnen), z.B. auch ein Indikator für den Bereich der ökonomischen Ziele darstellen. Ferner ist zu beachten, dass sich einzelne Unterziele in den jeweiligen Bereichen Ökonomie, Ökologie und Sozialem z.T. kont-

rär verhalten. So dürfte ein grundsätzlicher Konflikt zwischen angemessenem Einkommen und einer angemessenen Arbeitsbelastung erwartet werden. Grundsätzlich sind zudem die (Haupt)Ziele des Bereichs Ökonomie, Ökologie und Soziales tendenziell als konträr anzusehen. So lässt sich ein maximaler Gewinn meist nur durch hohe Arbeitszeiten und einem hohen Faktorverbrauch verwirklichen.

Im IKB Dürnast und damit für das zu entwickelnde Precision Farming-MIS werden vorerst nur wichtige Zielgrößen des Bereiches Ökonomie und Ökologie wie der naturale Ertrag, Deckungsbeiträge (betrachtet werden düngerefreie Leistungen bis Vollkostenrechnung), N-Effizienz oder N-Salden ermittelt bzw. berechnet. Dies v.a. auch auf der Ebene der Teilfläche.

2.2.2 Ziele des Precision Farming auf der operativen Ebene

Innerhalb einer Produktionsperiode hat die Betriebsleitung im Pflanzenbau die Möglichkeit durch verschiedene Bewirtschaftungsmaßnahmen auf Zielgrößen in den Bereichen der Ökonomie, Ökologie und dem Sozialen Einfluss zu nehmen. Die notwendige Beurteilung einzelner Bewirtschaftungsmaßnahmen im Hinblick auf die Erfüllung der in diesem Abschnitt dargestellten Zielgrößen geschieht im Rahmen einer „integrierten Pflanzenproduktion“ (Verband der Landwirtschaftsberater in Bayern, 1987, S. 218 ff.; Heyland, 1991, S. 10 ff. und 205 ff.). Auch die unter Punkt 2.2.1 vorgestellten Zielgrößen, die oft nur einmalig in einer Produktionsperiode errechnet werden, sind in Teilzielgrößen aufzuspalten, auf die mit Bewirtschaftungsmaßnahmen Einfluss genommen werden kann. Die Aufteilung der ökonomischen Zielgröße Ertrag wird exemplarisch in der linken Spalte der Abbildung 3 gezeigt.

Der (Flächen)Ertrag in dt/ha als Systemoutputgröße nach einer Produktionsperiode ist in der Abbildung ein Produkt der Bestandesdichte mit der Einheit Ährenzahl/m², der Kornzahl/Ähre, und dem Korngewicht, welches durch das Tausendkorngewicht (TKG) in Gramm ermittelt wird. Dabei ergibt sich die Bestandesdichte aus dem Produkt der Saatstärke mit der Einheit Anzahl Körner/m², Feldaufgang in %, Überwinterung mit der Einheit % und einem Beährenskoeffizienten mit der Einheit Ähren je überwinterte Pflanze (Heyland, 1991, S. 205 ff.; Verband der Landwirtschaftsberater in Bayern, 1987, S. 256 ff.). Jedes Element der Gleichung kann als Teilzielgröße während einer Produktionsperiode angesehen werden. Bei Erreichen der entsprechenden Entwicklungsstadien (EC) der Pflanzen innerhalb der Produktionsperiode können durch Zählung und Wiegen diese Teilzielgrößen auch als Ist-Größen ermittelt werden.

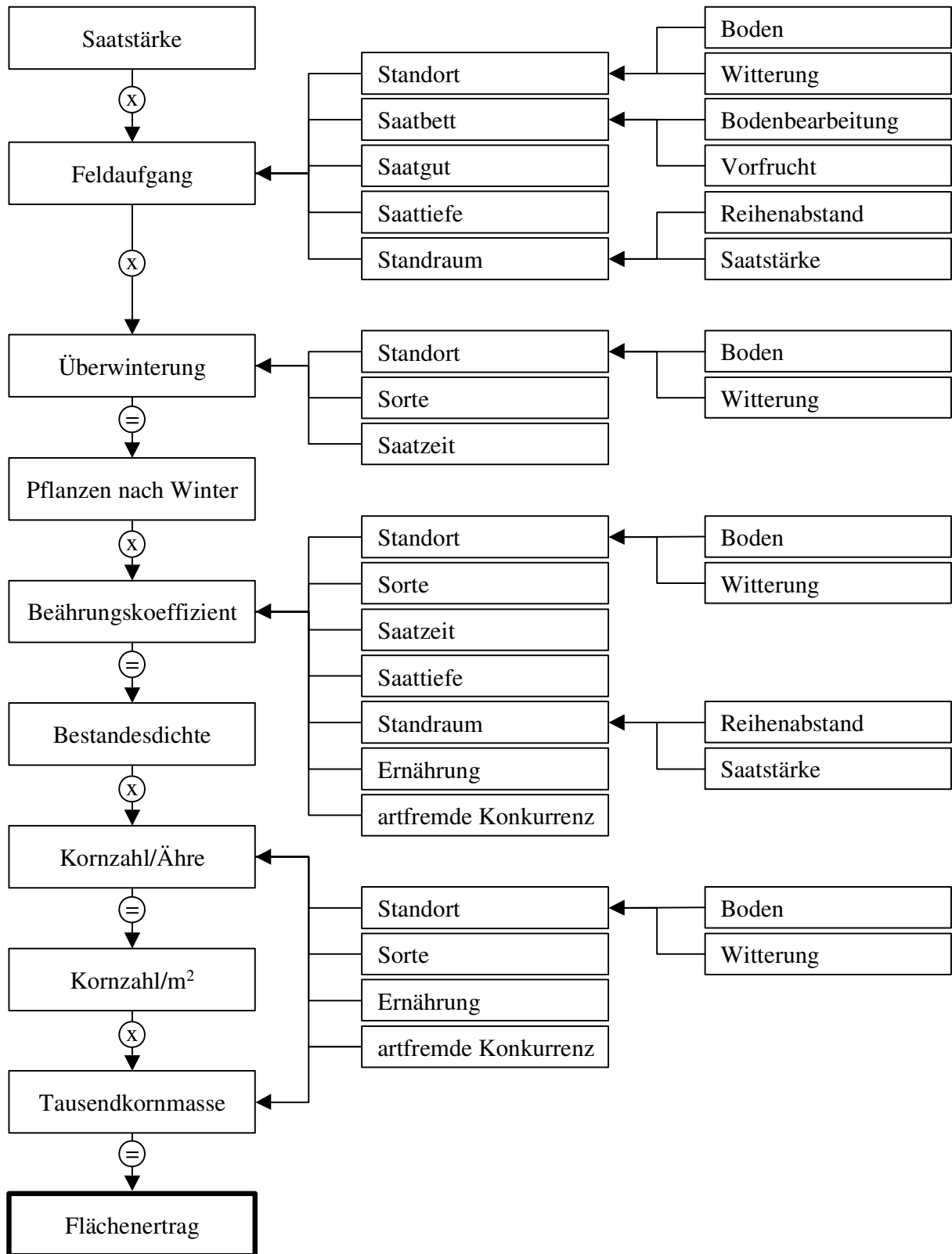


Abb. 3: Ertragsbildung des Winterweizens und die darauf Einfluss nehmenden Wachstumsfaktoren (Heyland, 1991, S. 206)

Bei Precision Farming ist der Teilschlag als unterste örtliche Ebene zu betrachten. In der Abbildung 3 sind in der mittleren und rechten Spalte wichtige Systeminputfaktoren aufgeführt. Anzumerken ist, dass bei der Zusammenstellung dieser Inputfaktoren wegen der Anschau-

lichkeit schon gewisse Aggregationen vorgenommen wurden. So fallen unter „artfremde Konkurrenz“ alle auf den Ertrag Einfluss nehmenden verschiedenen Pilzkrankheiten und die Konkurrenz des zu leitenden Pflanzenbestandes zu unterschiedlichen Ungräsern, Unkräutern und Insekten. Zudem bestehen auch zwischen den Inputfaktoren Wechselbeziehungen, die in der Abbildung nicht aufgezeigt werden. Die jeweils aktuelle Witterung hat z.B. erheblichen Einfluss auf die Saatzeit und auf die Saatstärke.

Beim aggregierten Inputfaktor Standort ist auch das Relief ein bedeutender Faktor für die Ertragsbildung. Dieser Faktor ist zudem bedeutend, um das Subsystem Teilschlag eingrenzen zu können (Schmidt, 2001, S. 195).

Die Entwicklungsstadien von 0 (Keimung) bis 32 (Schossen; 2-Knoten-Stadium) sind v.a. wichtig für die Teilzielgröße der Bestandesdichte. Durch geeignete Maßnahmen der Bodenbearbeitung sowie Aussaat und durch die erste und zweite N-Düngergabe kann dieser Indikator durch das Management beeinflusst werden (siehe Abbildung 3 oben, Abbildung 4 zweite Spalte). Die Anzahl der Körner/Ähre ist sehr stark von der vom Management gewählten Sorte abhängig. Auf diese Teilzielgröße kann v.a. zwischen EC 20 (Bestockung) und EC 51 (Beginn Ährenschieben) Einfluss genommen werden (siehe Abbildung 3 Mitte; Abbildung 4 dritte Spalte). Kleine Körner in den unteren Reihen der Ährenspindel sind bei der Ernte ein Zeichen für einen N-Mangelzustand in diesen Entwicklungsstadien. Sehr große Wirkung auf den Ertrag hat das Tausendkorngewicht. Diese Teilzielgröße bildet sich am Ende der Produktionsperiode etwa zwischen EC 61 (Blühbeginn) und EC 92 (Totreife). Durch die Systeminputfaktoren Pflanzenschutzmaßnahmen und Spätdüngung hat die Betriebsleitung die Möglichkeit, auch auf diese Teilzielgröße Einfluss zu nehmen (siehe Abbildung 3 Mitte und Abbildung 4 vierte Spalte).

$$\boxed{\text{Ertrag (dt/ha)}} = \boxed{\text{Ähren/m}^2} \times \boxed{\text{Körner/ Ähre}} \times \boxed{\text{TKG}}$$

Die Ausbildung erfolgt in den Stadien Einfluss der Produktions- technik	Keimung, Aufgang Bestockung, Schossen	Bestockung, Schossen, Ährenschieben	Blüte, Reife	
Sorte	+	++	++	
Saatzeit	+	+	0	
Saatbett	++	+	0	++ = starker Einfluss (positiv)
Saatstärke	+	+	0	
Saattiefe	++	+	0	+ = positiver Einfluss
Düngung	++	+	+	
Pflanzenschutz	0	+	++	0 = geringer Einfluss
Spätdüngung	-	0	++	- = kein Einfluss

Abb. 4: Teilzielgrößen und ihre Beeinflussung durch produktionstechnische Maßnahmen bei Getreide (Verband der Landwirtschaftsberater in Bayern, 1987, S. 257)

HEYLAND (1991, S. 206 f.) weist darauf hin, dass es durchaus sinnvoll ist, vom Soll-Ertrag auf Intensitäten einzelner Bewirtschaftungsmaßnahmen als vom Management zu beeinflussende Systeminputfaktoren zu schließen. So kann eine für den Ertragsaufbau notwendige Saatstärke kalkuliert werden, indem der Flächenertrag (in dt/ha) durch die einzelnen Faktoren der in der Abbildung 3 gezeigten Gleichung jetzt als Divisor geteilt wird.

Deutlich wird bei dieser Zusammenstellung aber auch, dass zu allen Entwicklungsstadien in einer Produktionsperiode die Witterung auf die Ertragsbildung bedeutenden Einfluss nimmt (siehe Abbildung 3 rechter Bereich). Das Management kann nicht auf die Witterung einwirken. Daher wird diese als wichtigste Störgröße bei der Führung von pflanzenbaulichen Systemen angesehen. Die Ausprägung der Teilzielgröße TKG vollzieht sich, wie bereits erwähnt, zwischen EC 60 und EC 92. Spätdüngemaßnahmen werden bei Weizen dagegen bereits um EC 51 (Beginn des Ährenschiebens) durchgeführt. Diese Maßnahme findet im süddeutschen Raum gegen Ende Mai statt. Es besteht demzufolge vor allem für die letzten beiden Monate der Produktionsperiode bis zur Ernte Ende Juli/Anfang August ein schwer planbarer Witterungseinfluss, auf den mit Systeminputfaktoren kaum mehr reagiert werden kann (siehe Heyland, 1991, S. 181; Verband der Landwirtschaftsberater in Bayern, 1987, S. 257 und 285).

Ein Managementinformationssystem für pflanzenbauliche Systeme und damit auch für Precision Farming muss auf Störgrößen schnell und flexibel reagieren können. Der Entscheidungsträger wird deshalb oft die letzte Entscheidungsinstanz innehaben, um auch auf Planabweichungen, die kurz vor der Realisation auftreten, möglichst noch angepasst entgegen zu können. Auch Standorteigenschaften sind von der Betriebsleitung nur eingeschränkt veränderbar. Erschwerend kommt bei der Führung von biologischen Systemen hinzu, dass diese offen sind und auf Veränderungen der Umwelt reagieren können. Viele Pflanzen besitzen Kompensationsmöglichkeiten bei Umweltveränderungen. Winterweizen kann z.B. eine zu geringe Ährendichte auf der Fläche durch eine Erhöhung der Kornzahl je Ähre und eine gute Kornausbildung, also durch ein hohes Tausendkorngewicht, ausgleichen (Heyland, 1991, S. 205).

Einzelne Zusammenhänge sind nicht unumstritten. So sieht HANK (1994, S. 78) nach einer empirischen Prüfung von etwa 1000 Schlägen nur einen geringen Zusammenhang zwischen der Standortqualität gemessen an der Ackerzahl und dem realisierten Ertrag. Für jeden Schlag sind folglich mehrere Merkmale als ertragsrelevant ausfindig zu machen und aufgrund dieser Merkmale Teilschläge einzugrenzen. Grundsätzlich wird bei Teilflächen mit geringer Standortqualität, gekennzeichnet u.a. durch die Ackerzahl und dem Relief, ein geringerer Ertrag erwartet als bei Teilflächen höherer Qualität. Daraus ergeben sich Ziele auch auf operativer

Ebene. Aus Abbildung 3 ergibt sich hieraus, dass auf Teilflächen niedrigerer Standortqualität z.B. eine geringere Aussaatstärke sowie eine geringere Ährendichte angestrebt werden müssen (Roth und Kühn, 2001, S. 229 ff.).

Im Allgemeinen kann man folgende Aussage treffen: Durch Precision Farming muss versucht werden, ertragsrelevante Unterschiede auf dem jeweiligen Feld zu finden, darauf aufbauend Teilflächen als unterste zu leitende Ebene des Systems möglichst genau einzugrenzen und durch teilflächenspezifische Bewirtschaftungsmaßnahmen schon innerhalb einer Vegetationsperiode zu versuchen, optimale Teilziele je Teilschlag zu erreichen.

2.3 Precision Farming als potentieller technischer Fortschritt und daraus resultierende Auswirkungen für die Beziehungen zwischen ökonomischen und ökologischen Zielen

Die grundsätzlichen Auswirkungen des technischen Fortschritts auf die Zielerfüllung in den Bereichen Ökonomie und Ökologie zeigt die Abbildung 5. Betrachtet man die Ausgangssituation, so ist bis zu einem bestimmten Grad mit einer indifferenten Wechselwirkung zwischen beiden Hauptzielen zu rechnen, wenn man versucht das jeweilige zweite Ziel in verstärktem Maße zu erreichen. Durch den technischen Fortschritt (siehe Abbildung 5, Nummer 1) können beide Ziele verbessert in Einklang gebracht werden. Es ist u.U. sogar möglich, durch technischen Fortschritt eine gewisse Komplementarität der Ziele zu erreichen (siehe Abbildung 5, Nummer 2).

Precision Farming hat das Potential, einen technischen Fortschritt in der Landbewirtschaftung herbeizuführen durch:

- Einsparung von Betriebsmitteln. Dies ist neben angestrebten ökonomischen Zielen v.a. für die Erreichung ökologischer Ziele förderlich.
- Einsparung von Maschinen- und Arbeitszeiten. Dies ist v.a. für angestrebte soziale und ökonomische Ziele von Vorteil.
- Verbesserung der Ertragsleistungen durch höhere Erträge und verbesserte Produktqualität. Dies dient v.a. einer Verbesserung der angestrebten ökonomischen und sozialen Ziele.
- Minimierung von Umweltbelastungen und Förderung naturräumlicher Bedingungen. Dies würde v.a. die Erreichung ökologischer Ziele fördern.

- Verbesserte Dokumentation des Produktionsprozesses. Dies kann u.a. das Ansehen der Landwirtschaft bei der Bevölkerung, als ein soziales Ziel, steigern (nach Auernhammer, 1998; nach Ludowicy et al., 2002, S. 9).

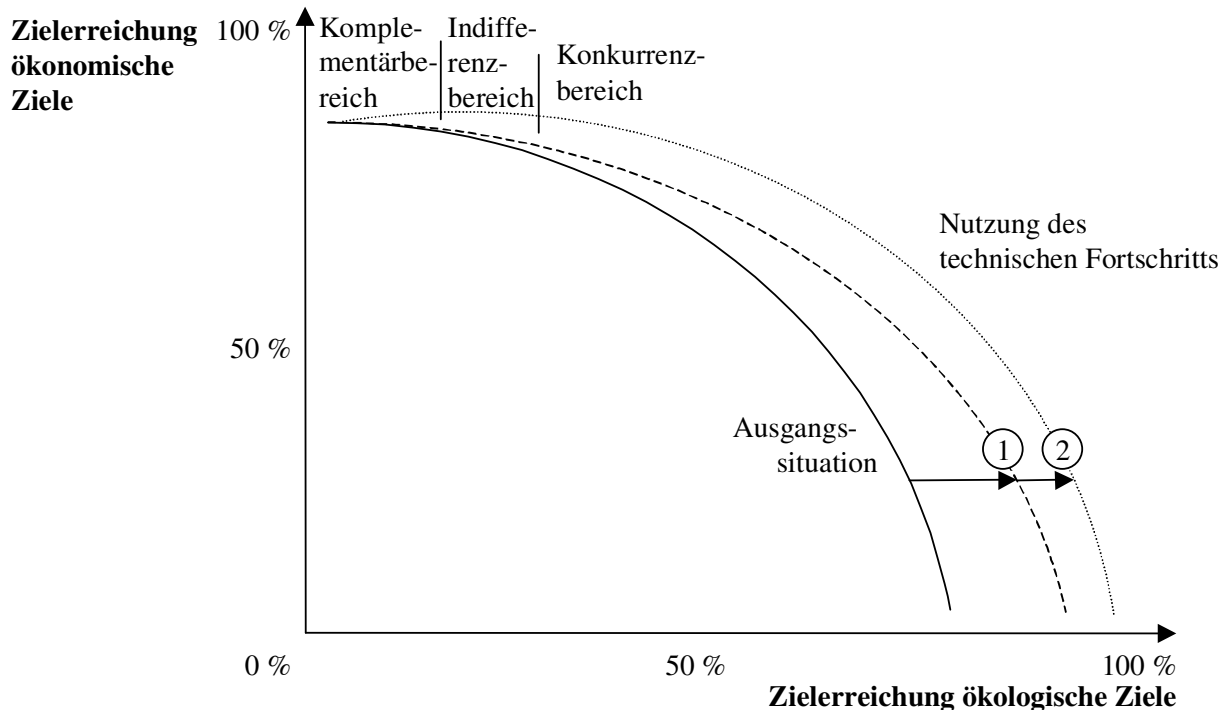


Abb. 5: Auswirkung des technischen Fortschritts auf die Zielerreichung (nach Heißenhuber, 1994, S. 324; Heißenhuber et al., 2000, S. 23)

Demzufolge hat Precision Farming das Potential, ökonomische, ökologische und soziale Ziele komplementär verbessert zu erreichen. Vorstellbar ist gleichwohl, dass durch Precision Farming die Zielerreichung z.B. im Bereich der Ökonomie nicht beeinflusst werden kann, sich demzufolge indifferent verhält, dennoch zumindest zur Erreichung ökologischer Ziele Vorteile bewirken kann. Dies wäre z.B. dann gegeben, wenn eine Umverteilung von Systeminputfaktoren, z.B. des Stickstoffs von sandigen und damit leichter auswaschbaren Böden auf lehmigen Teilflächen keine Auswirkungen auf den Ertrag hätte, gleichzeitig aber dadurch die N-Auswaschung auf Schlagebene verringert würde.

Die Gründe für eine derzeit geringe Akzeptanz von Precision Farming in der Praxis nennt ENGEL (2001, S. 23 f.):

- Hohe Kosten für Technik und Datenerhebung (z.B. Bodenuntersuchung). Der Grenznutzen ist oft noch geringer als die Grenzkosten.
- Mangelnde Benutzerfreundlichkeit und Kompatibilität der vorhandenen Systeme. Dies kann zu höheren Arbeitsbelastungen führen.

- Fehlendes Wissen in Forschung und Praxis über die optimale Bewirtschaftung der Teilflächen. Es sind noch keine allgemeingültigen Regeln erarbeitet worden, um oben genannte Potentiale v.a. in den Bereichen Ökonomie und Ökologie hinreichend auszuschöpfen.

Es gilt daher die Kosten für Technik und Datenerhebung zu minimieren. Die Datenqualität muss verbessert werden, um etwaigen Nutzen zu erhöhen. Ferner muss die Benutzerfreundlichkeit und die Kompatibilität der Systeme verbessert werden, um hohe Arbeitszeiten zu vermeiden. Es sind Algorithmen zu entwickeln, um die Potentiale des Precision Farming verbessert ausschöpfen zu können.

2.4 Planung und Entscheidung von teilflächenspezifischen Bewirtschaftungsmaßnahmen

Bei Precision Farming wird versucht im Rahmen bestehender Produktionsumfänge, -arten, und Kapazitätsausstattungen Bewirtschaftungsmaßnahmen durchzuführen. Es sind dadurch neben der Zieldefinition auch Planungen und Entscheidungen v.a. auf taktischer und operativer Ebene erforderlich. Planungs- und Entscheidungsmodelle auf diesen beiden Ebenen werden in allgemeiner Weise nachfolgend präsentiert.

2.4.1 Planungen und Entscheidungen auf der taktischen Ebene

Folgende Ausführungen beschäftigen sich mit der Planung von Gesamtintensitäten der Bewirtschaftungsmaßnahmen während eines gesamten Wirtschaftsjahres, die auf Teilschlägen ausgebracht bzw. angewandt werden sollen. Dies geschieht u.a. mit Hilfe von Produktionsfunktionen vergangener Vegetationsperioden. Betrachtet werden hierbei die Auswirkungen auf ökonomische und ökologische Zielgrößen, die unter Abschnitt 2.2.1 erläutert wurden. Ökonomische Zielgröße bei dieser Betrachtung ist der monetäre Ertrag (natürlicher Ertrag in dt/ha * Preis Euro/ha). Als ökologische Kenngröße wird der Verbrauch an Systeminputfaktoren betrachtet (z.B. in kg/ha). Nach theoretischen Ausführungen von WAGNER (1999a) können Precision Farming-Strategien komplementär sowohl ökonomische wie ökologische Vorteile bewirken. Bei diesen Betrachtungen wurde erstens das Liebig'sche Ertragsgesetz herangezogen, welches für ihre Gültigkeit „völlige Homogenität der wachstumsbestimmenden Bedingungen für die Pflanze“ voraussetzt (WAGNER, 1999a, S. 41 ff.; siehe Abbildung 6). Zweitens wird sowohl für Niedrigertragsstandorte (NE), als auch für Hohertragsstandorte (HE) mit gleichen Ertragssteigerungen bei zusätzlichen Systeminputfaktoren bis zum Maxi-

KG	Kostengerade
FE	Bewirtschaftungsmaßnahme bei flächeneinheitlicher Strategie
TS _{HE}	Bewirtschaftungsmaßnahme bei einer teilflächenspezifischen Strategie auf dem Hohertragsstandort
TS _{NE}	Bewirtschaftungsmaßnahme bei einer teilflächenspezifischen Strategie auf dem Niedrigertragsstandort
ΔmGE_{HE}	monetärer Mehrertrag beim Hohertragsstandort bei einer teilflächenspezifischen Strategie
ΔmGE_{NE}	monetärer Minderertrag beim Niedrigertragsstandort bei einer teilflächenspezifischen Strategie

Nach diesem Planungsmodell müsste man sich sowohl aus ökonomischen wie ökologischen Gesichtspunkten folgendermaßen entscheiden: Systeminputfaktoren sind verstärkt v.a. in Hohertragsteilflächen anzuwenden und in Niedrigertragsteilflächen einzusparen. Dies gilt, wie oben erläutert, unter der Voraussetzung, dass die Verwertung von Systeminputfaktoren, gekennzeichnet durch die Steigung der monetären Gesamtertragsfunktionen bis zum Knickpunkt der Geraden, sowohl für die Niedrigertrags- wie auch Hohertragsteilfläche ähnlich ist.

Andere Autoren argumentieren aufgrund abweichend gewählter Produktionsfunktionen mit unterschiedlichen Verwertungen der Systeminputfaktoren für ein Hohertragsteilschlag bzw. Niedrigertragsteilschlag anders. BONGIOVANNI und LOWENBERG-DEBOER (2001, S. 16 ff.) unterteilten einen Schlag in Argentinien nach Reliefeigenschaften. Sie brachten jeweils unterschiedliche Düngergaben aus und ermittelten teilflächenspezifische Erträge für das Jahr 1999. Aus diesen Informationen ermittelten sie neoklassische Produktionsfunktionen. Nach diesen Funktionen kann in der Senke mit höheren Erträgen gerechnet werden als auf der Kuppe. Wegen der schlechteren Verwertung des Stickstoffs auf der Kuppe, wo mit verstärkter Auswaschung dieses Systeminputfaktors in andere Teilflächen zu rechnen ist, ist die optimale N-Gabe mit 97 kg N/ha nach diesen ex post Berechnungen höher als in der Senke mit 52 kg N/ha. In der Senke ist infolgedessen mit einer Einwaschung des leicht wasserlöslichen Stickstoffs von anderen Teilflächen zu rechnen. Die Verwertung des Systeminputfaktors ist folglich bei diesem Beispiel in den einzelnen Teilflächen unterschiedlich.

Ähnliche Ergebnisse lieferten auch MEYER-AURICH et al. (2001). Sie konnten mit Hilfe ehemaliger teilflächenspezifischer Ertragskarten ein Versuchsfeld in Hoch- und Niedrigertragsflächen unterteilen. Ex post wurde für das Jahr 1999 mit Hilfe der Software SpaceStat eine neoklassische Produktionsfunktion für einen Schlag des Klostersgutes Scheyern in Oberbayern ermittelt. Die Niedrigertragsfläche hatte hierbei das Ertragsmaximum nur unwesentlich unterhalb des Ertragsmaximums der Hohertragsregion (siehe Abbildung 7 oben und un-

ten jeweiliger höchster Punkt der Geraden mGE_{HE} bzw. mGE_{NE} ; Meyer-Aurich, 2001, S. 2 ff.)

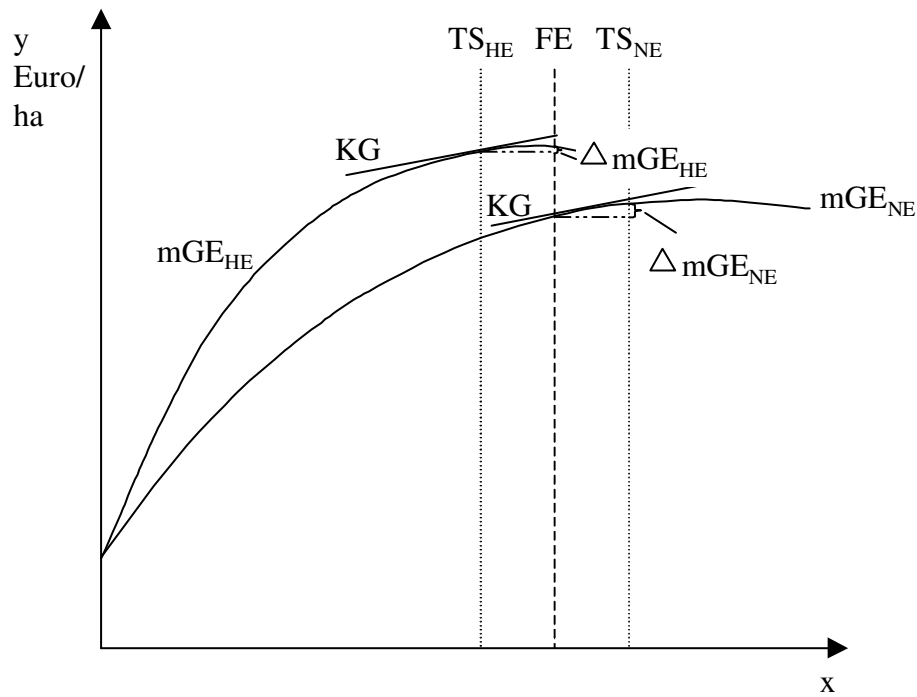


Abb. 7: Bestimmung des Aufwandsniveaus von Wachstumsfaktoren nach MEYER-AURICH et al. (2001) am Beispiel N-Düngung zu Kartoffeln (oben). Die Abbildung unten zeigt eine Situation, bei der ex post auch für FE kein optimales Aufwandsniveau gegeben wurde.

Dabei ist:

x Aufwandsmenge des Wachstumsfaktors

mGE_{HE}	monetäre Gesamtertragskurve der Hohertragsteilfläche
mGE_{NE}	monetäre Gesamtertragskurve der Niedrigertragsteilfläche
KG	Kostengerade
FE	Bewirtschaftungsmaßnahme bei flächeneinheitlicher Strategie
TS_{HE}	Bewirtschaftungsmaßnahme bei einer teilflächenspezifischen Strategie auf dem Hohertragsstandort
TS_{NE}	Bewirtschaftungsmaßnahme bei einer teilflächenspezifischen Strategie auf dem Niedrigertragsstandort
ΔmGE_{HE}	monetärer Mehr- bzw. Minderertrag beim Hohertragsstandort bei einer teilflächenspezifischen Strategie
ΔmGE_{NE}	monetärer Mehr- bzw. Minderertrag beim Niedrigertragsstandort bei einer teilflächenspezifischen Strategie

Der unter ökonomischen Gesichtspunkten sinnvollste Punkt, hier der größtmögliche Gewinn als mGE_{HE} bzw. mGE_{NE} abzüglich KG ist wieder dort, wo die Steigung der Geraden mGE_{NE} mit der Steigung der Kostengeraden (KG) übereinstimmt. Die Verwertung des Systeminputfaktors (hier N) ist dagegen auf dem Niedrigertragsstandort wesentlich schlechter als beim Hohertragstandort. Dies wird in der Abbildung 7 durch einen schwächeren Anstieg der Kurve mGE_{NE} erkennbar. Unter dieser Konstellation fällt es schwerer, mit Precision Farming die ökonomischen wie ökologischen Zielgrößen komplementär zu verbessern, da ΔmGE_{HE} und ΔmGE_{NE} fast gleiche Werte annehmen (siehe Abbildung 7 oben). Beim Vergleich von einheitlicher mit teilflächenspezifischer Bewirtschaftung könnte für die angebauten Kartoffeln ex post ein maximales Einsparpotential, gemessen mit einem Deckungsbeitrag, von 85 Euro/ha und ein um 5 kg N/ha niedrigerer N-Saldo erzielt werden. Um dies zu erreichen, müsste im Hohertragsteilschlag der Einsatz von Wachstumsfaktoren herabgesetzt und im Niedrigertragsteilschlag heraufgesetzt werden (Meyer-Aurich, 2001, S. 5 f.; Maidl et al., 2000, S. 126). Ex ante hat der Landwirt das Problem, seine Produktionsfunktionen für seine aktuell angebaute Frucht nicht zu kennen, da wesentliche Ertragsteilziele erst in den letzten Monaten der Vegetationsperiode ausgebildet werden. Es ist möglich, dass der Entscheidungsträger auch mit einer einheitlichen Bewirtschaftung den Bestand nicht annähernd mit der richtigen Intensität bedient (siehe Abbildung 7 unten). Wird zudem ein nicht für den Schlag geeignetes Planungsmodell bei einer teilflächenspezifischen Bewirtschaftung angewandt, ist sogar mit ökonomischen und ökologischen Nachteilen zu rechnen (siehe Abbildung 7 unten ΔmGE_{HE} kleiner als ΔmGE_{NE}).

Alle Autoren stimmen damit überein, dass möglichst mehrjährige Versuchsreihen mit der gleichen Frucht zur Erstellung von Produktionsfunktionen erforderlich sind. Ob diese in den unterschiedlichen Jahren für die jeweiligen Teilschläge ähnliche Ausprägungen besitzen, muss noch ermittelt werden.

Nach obigen Ausführungen ist derzeit in der Praxis bisweilen nicht damit zu rechnen, dass auf Niedrigertragsstandorten ähnlich gute Verwertungen der Systeminputfaktoren anzutreffen sind wie auf Hohertragsstandorten.

Die Annahme der Zugrundelegung der Liebig-Funktion ist ebenfalls für eine komplementär bzw. indifferent verbesserte Zielerreichung förderlich, wenn die Knickpunkte der jeweiligen Geraden durch Bewirtschaftungsmaßnahmen exakt getroffen werden könnten. Die Bedingungen für eine Annahme der Liebig-Funktion in einem Planungsmodell kann nach WAGNER (1999a, S. 44) verbessert eingehalten werden, „je mehr es gelingt, Standräume kleinräumig zu homogenisieren“. Die Frage stellt sich hierbei, wie kleinräumig derartige Teilflächen zu sein haben. Wichtige ertragsbildende Faktoren wie Bodeneigenschaften und das damit in Zusammenhang stehende Relief verhalten sich in Bezug auf ihre räumliche Auflösung stark variierend. „In Mitteleuropa ist die Struktur vieler Bodenlandschaften sehr heterogen, weil sich ihre Böden in ihren Eigenschaften stark unterscheiden, und zwar als Folge eines oft kleinflächigen Wechsels mindestens eines der bodenbildenden Faktoren (z.B. Relief, Gestein). Das kleinste nicht mehr teilbare Individuum einer Bodendecke ist das Pedon; es besitzt eine Grundfläche von etwa 1m^2 “ (Scheffer und Schachtschabel, 1989, S. 450). Für ein Reliefmodell fordert auch SCHMIDT (2001, S. 198) eine Rasterweite von 2-10 m für Belange des Precision Farming. Bereits schwach ausgebildete Kuppen oder Senken können wichtige ertragsbildende Faktoren darstellen.

BLACKMORE und GRIEPENTROG (2002, S. 137) sehen langfristig sogar das Bedienen einzelner Pflanzen mit Wachstumsfaktoren als mögliches Szenario.

Für etwaige Verbesserungen durch eine „Präzisierung des Precision Farming“ ist deshalb in Zukunft zu untersuchen, ob eine Datenauflösung von ertragsrelevanten Informationen im m^2 -Bereich, oder sogar darunter, ökonomische und ökologische Vorteile bewirken kann. Für v.a. wissenschaftliche Belange wird deswegen für ein Precision Farming-MIS die Möglichkeit berücksichtigt, Daten mit dieser örtlichen Auflösung aufnehmen zu können.

Die für die Präzisierung zusätzlich anfallenden Kosten für die Datenerhebung und der möglichst ortsgenauen Ausbringung von Betriebsmitteln müssen aus ökonomischer Sicht geringer sein, als der etwaige zusätzliche Nutzen. Dies ist notwendig, um eine verbesserte ökonomische Zielerreichung zu bewirken und damit v.a. von der Praxis angenommen zu werden.

2.4.2 Planungen und Entscheidungen auf der operativen Ebene

Wie unter 2.4.1 erörtert, vermag die Planung und Entscheidung auf einer taktischen Ebene kaum Aussagen zu machen, wann, durch welchen Systeminputfaktor und mit welcher Intensi-

tät des gewählten Systeminputfaktors die jeweiligen einzelnen Bewirtschaftungsmaßnahmen durchzuführen sind. Es sind daraus nur grundsätzliche Vorgehensweisen für die einzelnen Bewirtschaftungsmaßnahmen abzuleiten. Diese grundsätzlichen Vorgehensweisen sind für Precision Farming, wie Abschnitt 2.4.1 zeigt, von Seiten der Agrarwissenschaften noch nicht in ein erfolgversprechendes Regelwerk gefasst worden.

Planungen und Entscheidungen auf der operativen Ebene werden in der Landwirtschaft bereits durch eine Reihe von computergestützten Hilfsmitteln unterstützt (Engel, 1997, S. 125 ff.). Diese Hilfsmittel werden aber von der Praxis bei weitem nicht so stark angenommen wie Hilfsmittel aus dem Bereich der Kontrolle und Bewertung von Managementaufgaben (Wagner, 2002). Die Gründe hierfür ergeben sich aus den unter Abschnitt 2.2.2 erläuterten komplexen Ansprüchen die pflanzenbauliche Systeme an ihre daraus abgeleiteten Modelle⁵ stellen.

Entscheidungen werden aus den in der Planungsphase erarbeiteten Möglichkeiten getroffen. Entscheidungen werden immer in Hinblick auf die vorherige Zieldefinition gefasst, weswegen in der Planungsphase oft erwartete Plan-Zielgrößen (z.B. ein Ertragspotential, erwartete Systeminputfaktor-Effizienz) für jede Möglichkeit errechnet werden. Man entscheidet sich für eine „befriedigende Möglichkeit“ (siehe Abschnitt 1). Resultat der Entscheidungsphase sind Soll-Vorgaben für die Systeminputfaktoren für die jeweilige Bewirtschaftungsmaßnahme, die es nachfolgend möglichst genau zu realisieren gilt.

Exemplarisch wird deswegen ein einfaches Planungsmodell für einen „Sensor-Ansatz mit Kartenüberlagerung“ für teilflächenspezifische N-Düngegaben zu Winterweizen zwischen EC 30 und EC 55 im zu entwickelnden MIS berücksichtigt (siehe Abschnitt 3.4.1 und Kapitel IV Abschnitt 1).

⁵ unter dem Begriff Planungsmodelle werden in dieser Arbeit alle computergestützten Hilfsmittel verstanden, die auf taktischer und operativer Ebene das Management bei Planungen unterstützen. Dies können nach ENGEL (1997, S. 125 ff.) sogenannte Planungsmodelle i.e.S. oder Hilfsmittel aus den Bereichen Expertensysteme und Simulationsmodelle sein.

2.5 Realisation von Precision Farming

Wie aus der Definition von Precision Farming unter Abschnitt 2.1 hervorgeht, ist die unterste Ebene des zu führenden Systems der Teilschlag. Alle unter Punkt 2.7 erwähnten Bewirtschaftungsmaßnahmen werden i.d.R. in der Landwirtschaft mit Traktor-Gerätekombinationen oder für die jeweiligen Bewirtschaftungsmaßnahmen speziell entwickelten Selbstfahrern realisiert. Diese Geräte lassen sich unter den Begriff „mobile Prozesstechnik“ zusammenfassen. Um die aufgezeigten Managementaufgaben automatisiert für Precision Farming durchführen zu können, müssen daher Informationen zwischen

- Recheneinheiten der jeweiligen Anbaugeräte und einer Traktor/Selbstfahrer-Recheneinheit und
- zwischen Recheneinheiten der Anbaugeräte bzw. der Traktor/Selbstfahrer-Recheneinheit und dem stationären Rechner („Betriebsrechner“) ermöglicht werden. Traktor-Recheneinheiten besitzen i.d.R. eine wesentlich bessere Ausstattung mit Ressourcen als Recheneinheiten der Anbaugeräte, weswegen ein Datenaustausch zwischen Recheneinheiten der Anbaugeräte mit dem Betriebsrechner unüblich sind.

Ergebnisse von Planungs- und/oder Entscheidungsrechnungen sind daher i.d.R. vom Betriebsrechner auf die Traktor-Recheneinheit zu übertragen. Dort werden sie zur Anbaugeräterecheneinheit übertragen und realisiert (nach Auernhammer, 1993, S. 22).

Die notwendigen Übertragungswege werden durch Normen definiert, um einen möglichst störungsfreien Informationsaustausch zu bewerkstelligen (siehe Abschnitt 3.2.1).

2.6 Kontrolle und Bewertung von Precision Farming

Realisierte Precision Farming-Bewirtschaftungsmaßnahmen müssen nach ihrer Durchführung kontrolliert und bewertet werden. Durch „Lernen“ (siehe Abbildung 1 unten) können diese Maßnahmen verfeinert werden, um die gesteckten Ziele verbessert zu erreichen.

Kontrolle kann durch einen einfachen Soll-Ist-Vergleich durchgeführt werden. Hierbei werden die aus den Planungs- und Entscheidungsmodellen errechneten Soll-Werte den tatsächlich realisierten Werten gegenübergestellt. Eine Bewertung mit Preisen, z.B. im Rahmen einer Kostenrechnung, ist nicht zwingend erforderlich. Dies bedingt bei Precision Farming, dass die tatsächlich realisierten Werte auf der mobilen Prozesstechnik gemessen und erfasst werden

müssen (siehe Abbildung 1). Eine Gegenüberstellung der Soll- und Ist-Werte mit darauffolgender Bewertung kann auf der mobilen Prozesstechnik für eine Echtzeit-Regulierung von teilflächenspezifischen Intensitäten herangezogen werden. Die auszubringende Intensität ist z.B. mit dem Wert 200 auf einer Teilfläche angegeben. Es werden aber nur 180 als tatsächlich ausgebrachte Intensität gemessen. So kann durch diese Abweichung bewertet werden, ob die auszubringende Menge durch Neueinstellung des Dosierorgans erhöht werden muss.

Nach Übertragung der tatsächlich realisierten Werte auf den Betriebsrechner, können diese mit weiteren Informationen für ex post Analysen im Rahmen von Bewertungen Verwendung finden.

Bei einer Bewertung wird ermittelt, inwieweit die definierten Zielgrößen durch die Realisierung erreicht wurden. Ermittelt wird durch Bewertungsfunktionen die Güte einer Realisation. (Wagner, 2000, S. 98; Rembold und Levi, 1999, S. 209).

Die Güte kann hier ausgedrückt werden als Grad der Zielerreichung in %, also Zielgröße dividiert durch die realisierte Größe * 100. Als 100 % können hierbei der Ausgangszustand, eine maximal mögliche Größe oder auch gesetzlich festgelegte Grenzwerte festgelegt werden. Der Ausgangszustand ist in dieser Arbeit eine flächeneinheitliche Bewirtschaftung im Rahmen einer integrierten Pflanzenproduktion. Wie unter 2.3 schon angedeutet, kann Precision Farming als erfolgreich bezeichnet werden, wenn dadurch in den Bereichen Ökonomie, Ökologie und Sozialem höhere Zielereichungsgrade erreicht werden können als mit derzeit angewandten Bewirtschaftungsmaßnahmen. In diesem Zusammenhang bedeutet erfolgreich, einen technischen Fortschritt bewirken zu können. Zu beachten ist hierbei, dass der technische Fortschritt demzufolge von den Zielen und ihren Zielgrößen abhängig ist: Was in einer Region als technischer Fortschritt angesehen werden kann, ist in einer anderen Region mit anderen Zielen und Zielgrößen nicht zwingend ein technischer Fortschritt.

In der Abbildung 8 wird beispielhaft gezeigt, wie die Güte einer Bewirtschaftungsmaßnahme darstellbar und „erreichbar“ ist. Hierbei wurden maximal mögliche Zielgrößen als 100 % gesetzt. Alle Teilziele wurden den Hauptzielen Ökonomie, Ökologie und Sozialem zugeordnet. Der technische Fortschritt bewirkt in diesem Beispiel eine Vergrößerung des Flächeninhaltes des grauen Dreiecks, der die Ausgangssituation (hier eine schlageinheitliche Bewirtschaftung) beschreibt. Es ist hierbei nicht zwingend notwendig, dass alle drei Hauptziele komplementär verbessert erreicht werden. Eine enorme Verbesserung der Zielerreichung z.B. im Bereich der Ökologie bei gleichzeitig mäßig herabgesetzten Zielerreichungsgraden in den Bereichen Ökonomie und Sozialem wäre ebenso als technischer Fortschritt zu bezeichnen (siehe Abbildung 8 gestricheltes Dreieck).

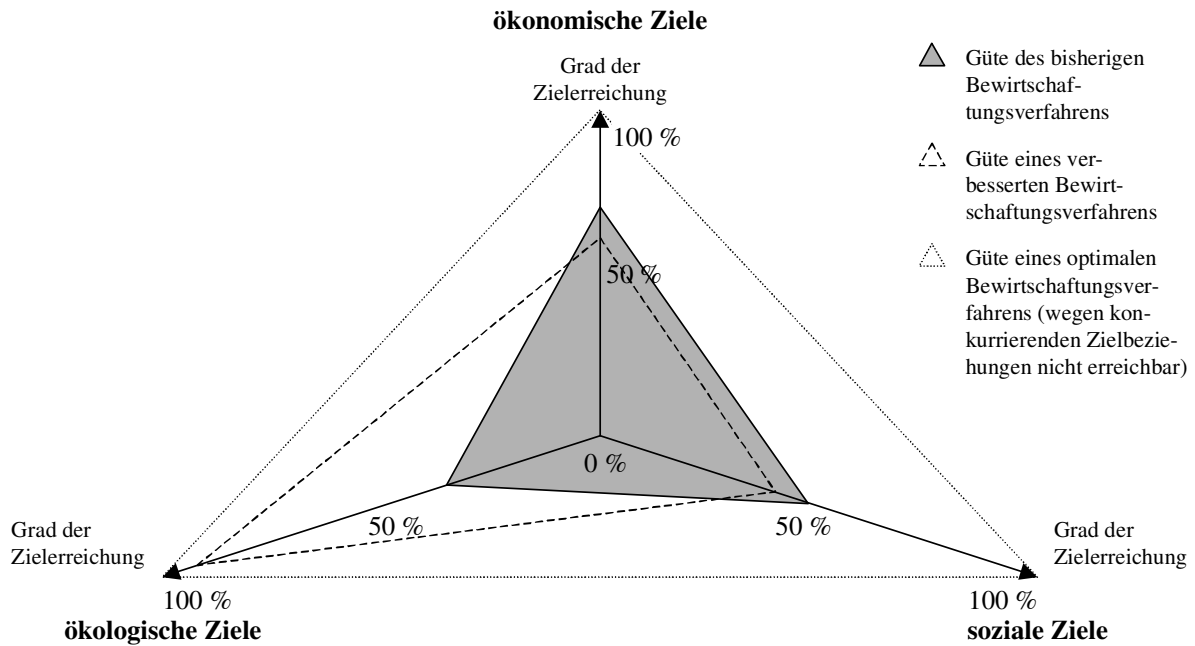


Abb. 8: Bewertung von Bewirtschaftungsverfahren und der Einfluss des technischen Fortschritts (abgeändert nach Breitschuh und Eckert, 2000, S. 20 ff.)

2.7 Einsatzmöglichkeiten des Precision Farming

2.7.1 Überblick

Wie aus Abschnitt 2.2.2 hervorgeht, hat das Management die Möglichkeit durch unterschiedliche Intensitäten bei Bewirtschaftungsmaßnahmen als Systeminputfaktoren auf das Subsystem Teilschlag Einfluss zu nehmen. Ziel ist, einen gegenüber derzeitigen Bewirtschaftungsmaßnahmen nach den Zielen von Abschnitt 2.2.1 und 2.2.2 verbesserten Systemoutput zu erreichen. In den Punkten 2.7.2 bis 2.7.5 werden in Versuchen getestete und zum Teil schon in der Praxis eingesetzte Bewirtschaftungsmaßnahmen näher vorgestellt. Diese sind dem Precision Farming i.e.S. zurechenbar. In den Punkten 2.7.6 werden zur Ergänzung weitere Einsatzmöglichkeiten aufgezeigt, die dem Precision Farming i.w.S. zuordbar sind. Diese dienen nur teilweise zur Führung eines Systems auch auf einer Teilschlagebene.

Alle Einsatzmöglichkeiten des Precision Farming i.e.S. haben gemeinsam, dass je Maßnahme unterschiedlich relevante Heterogenitäten auf dem Schlag erfasst werden müssen. Die erfassten Heterogenitäten dienen zum Eingrenzen von Teilschlägen und sind teilweise auch Dateninputs für das Management unterstützende Modelle.

Mit unterschiedlichen Intensitäten bei Systeminputfaktoren soll auf der Ebene von Teilschlägen auf jeweils relevante Heterogenitäten reagiert werden. Welche Größen die Intensitäten

auf den jeweiligen Teilschlägen haben, wird durch Planungs- und Entscheidungsmodelle bestimmt und u.U. noch durch die Betriebsleitung abgeändert (siehe Abschnitt 2.4.2).

Es gibt verschiedene Ansätze von Precision Farming, die sich aus Sicht des Ortes der Planung, Entscheidung, Realisation und Kontrolle der jeweiligen Precision Farming-Maßnahme unterscheiden:

- Karten-Ansatz (off-line approach, mapping approach oder Mapping-Ansatz)

Bei diesem Ansatz werden auf dem Betriebsrechner relevante Daten mit Hilfe von Planungs- und Entscheidungsmodellen zu einer Systeminputkarte eines Schlages (auch „Applikationskarte“ genannt) verrechnet und auf die Recheneinheit des Selbstfahrers bzw. Traktors übertragen. Zuvor wurden mit Hilfe relevanter Daten Teilflächen abgegrenzt. Die Managementaufgaben, Planung und Entscheidung findet also auf dem stationären System statt. Die Entscheidung wird auf die mobilen Geräte übertragen und dort realisiert. Zwingend erforderlich ist die Information, an welchem Ort die relevanten Daten erhoben wurden bzw. an welchem Ort das mobile System die Entscheidung umzusetzen hat.

- Sensor-Ansatz

Hier werden auf der mobilen Prozesstechnik relevante Informationen für Planungs- und Entscheidungsmodelle erfasst und teilflächenspezifisch realisiert. Bei diesem System ist die Information des Ortes und damit DGPS nicht zwingend erforderlich. Sensoren der mobilen Prozesstechnik erfassen relevante Daten, die i.d.R. auf die Recheneinheit des Traktors oder Selbstfahrers übertragen werden. Dort wird in Echtzeit geplant und entschieden und mit entsprechender Zeitverzögerung auf die mit dem Traktor verbundene Recheneinheit der Anbaugeräte („Aktoren“) übertragen und realisiert. Mit der einkalkulierten Zeitverzögerung wird versucht, auf der Teilfläche, bei welcher die Sensoren Daten erhoben haben, möglichst genau wieder mit der entschiedenen Intensität durch die Aktoren zu arbeiten.

- Sensor-Ansatz mit Kartenüberlagerung (Sensor-Ansatz mit Mapoverlay)

Bei diesem Ansatz werden die beiden vorherig beschriebenen Systeme miteinander verknüpft. Ein Teil der relevanten Daten zur Abgrenzung von Teilflächen und zum Import in Planungs- und Entscheidungsmodelle werden auf dem stationären System vorbearbeitet und auf die mobile Prozesstechnik übertragen. Diese Informationen können schon zu Soll-Vorgaben für Bewirtschaftungsverfahren verrechnet sein oder noch aus Einzelinformationen bestehen. Auf dem mobilen System werden Informationen über aktuelle Zustände (z.B. des Pflanzenbestandes oder der Bodenfeuchte) erhoben und mit den vom stationären System kommenden Daten

auf dem Bordcomputer zur endgültigen Soll-Vorgabe verknüpft. Teile von Planung und Entscheidung finden sowohl auf dem stationären Betriebsrechner, wie auch auf der mobilen Prozesstechnik statt. Realisiert wird die Entscheidung auf der mobilen Prozesstechnik. DGPS ist hier zwingend erforderlich, um die relevanten Daten des stationären Systems mit aktuell erhobenen Daten am entsprechenden Ort verknüpfen zu können (Auernhammer, 1999, S. 62 f.; Auernhammer et al., 1999, S. 3 f.; ISO, 2001, S. 16).

Derzeit erprobte und in der Praxis eingesetzte Systeme werden folgend kurz vorgestellt. Ein Anspruch auf Vollständigkeit wird hierbei nicht erhoben.

2.7.2 Teilflächenspezifische Bodenbearbeitung

Bei dieser Bewirtschaftungsmaßnahme ist es v.a. das Ziel, den Aufwand für die Lockerung insbesondere für eine krumentiefe Bodenlockerung, einzusparen, wo diese aus pflanzenbaulicher Sicht nicht erforderlich ist. Zudem ist Bodenschutzproblemen vorzubeugen (Domsch et al., 1998a, S. 84). Der Bodenerosion kann durch Mulchsaat mit bzw. ohne Saatbeetbereitung auf Teilflächen vorgebeugt werden. Auch sind Teilschläge besser befahrbar, die zuvor nicht gelockert wurden. Die erforderlichen Informationen zur Ausweisung von Teilschlägen werden hierbei aus „Bohrstockproben, Informationen der Reichsbodenschätzung, Leitfähigkeitsmessungen (EM 38) und der Lokalisation von Kuppen abgeleitet“ (Sommer und Voßhenrich, 2000, S. 129 ff.). Es wird auf den Teilflächen tief (20-25 cm) gelockert, wo der Tongehalt über 12 % ist, hydromorphe Erscheinungen auftreten, der Humuszustand mangelhaft ist oder wo sich ein erosionsgefährdeter Hangbereich befindet. Auf den restlichen Teilflächen wird flach mit 8-10 cm gelockert (Sommer und Voßhenrich, 2002, S. 239 f.). Derzeit wird ein Mapping-Ansatz verwendet.

Schon seit jeher werden bei der Saatbeetbereitung teilflächenspezifisch schwere Böden durch mehrmaliges Befahren mit der Kreiselegge bearbeitet, um auch auf diesen Teilflächen ein optimales Saatbeet zu bereiten. Nicht ortskundigem Personal könnten diese Teilflächen auf dem Bordcomputer angezeigt werden.

2.7.3 Teilflächenspezifische Aussaat

In Abschnitt 2.2.2 wurde bereits diskutiert, dass unterschiedliche Ertragspotenziale in Abhängigkeit von Standorteigenschaften mit Erreichen unterschiedlicher Teilziele (z.B. unterschiedliche Bestandesdichte je Teilschlag) zu optimalen Erträgen führen können. Es wird dabei unterstellt, dass Ertrag, Qualität und Pflanzengesundheit sicherer erreicht werden, wenn versucht

wird, an aus unterschiedlichen Standorteigenschaften abgeleitete Teilschläge angepasste Bestandesdichten (Anzahl Pflanzen, Anzahl ährentragender Halme bei Getreide) zu etablieren (Heyland, 1991, S. 206; Kühn et al., 2000, S. 119). Es wird derzeit getestet, ob der Faktor der Variation der Aussaat je nach Standorteigenschaften nicht durch nachfolgende Faktoren der Bestandesentwicklung überdeckt werden. Da Mais ein geringeres Kompensationsvermögen bei der Bestandesentwicklung besitzt als Getreide, ist er für diese Fragestellung besonders interessant (Domsch et al., 1998b, S. 104; Maidl et al., 2000, S. 126).

Derzeitige Systeme verwenden bei dieser Bewirtschaftungsmaßnahme den Mapping-Ansatz.

2.7.4 Teilflächenspezifische Düngung

Diese Bewirtschaftungsmaßnahme hat vor allem für die Kalkung und der Grunddüngung wegen einem geringen Risiko von Ertragsverlusten schon in größerem Maße in der Praxis Einzug gehalten (Ostheim, 2000, S. 49; Lütticken, 1999, S. 106 ff.). Die Düngung mit Stickstoff ist für die Ertragsbildung hingegen bedeutend wichtiger. Das leicht auswaschbare Umwandlungsprodukt Nitrat hat zudem große ökologische Relevanz (Heißenhuber, 1994, S. 322 f.). Deswegen stehen auch teilflächenspezifische N-Düngestrategien zunehmend im Mittelpunkt der öffentlichen Diskussion.

Bei der Kalkung und Düngung mit Phosphor und Kali werden derzeit nur Mapping-Ansätze angewandt. Für die Ausbringung von Stickstoff stehen Mapping-, reine Sensor- und Sensor mit Mapoverlay-Ansätze in der wissenschaftlichen Erprobung und in der Praxis zur Verfügung.

2.7.4.1 Teilflächenspezifische Kalkung

Durch eine georeferenzierte Bodenanalyse können pH-Verteilungen auf dem Feld ermittelt werden. Für die teilflächenspezifische Ausbringung von Kalk wird grundsätzlich wie folgt vorgegangen: Je niedriger der pH-Wert einer Teilfläche, desto mehr muss aufgekalkt werden. Hierzu sind folglich die pH Werte vor jeder Kalkung zu erfassen (ca. jedes 3. Jahr; Ludowicy et al., 2002, S. 31).

2.7.4.2 Teilflächenspezifische Düngung mit P und K

Im Zeitraum von 1-5 Jahren soll für diese Maßnahme der Gehalt an P und K ortsspezifisch ermittelt werden. Für eine teilflächenorientierte Darstellung des Phosphat-Gehaltes reichen meist wenige Messwerte von verschiedenen Messstellen eines Schläges für eine Mischprobe aus. Zur Berechnung der auszubringenden Nährstoffmenge kann neben dem Gehalt des Nähr-

stoffes im Boden auch eine teilflächenspezifische Ertragserwartung einfließen (Beispiel siehe Ludowicy, et al., 2002, S. 30 f. und S. 98). „Die Vorteile einer teilflächenspezifischen Applikation von Grundnährstoffen sind vor allem in einer möglichen absoluten Düngemittleinsparung auf Hektar- bzw. Schlagenebene zu sehen. Das monetäre Einsparungspotential ist jedoch bei der derzeitigen Preissituation für Grunddünger und den anfallenden Mehrkosten für eine teilflächenspezifische Applikation als verhältnismäßig gering einzustufen“ (Ostheim, 2000, S. 50).

2.7.4.3 Teilflächenspezifische N-Düngegaben

In der landwirtschaftlichen Praxis kommen in Deutschland sehr unterschiedliche N-Düngungsstrategien zum Einsatz:

- Intensivdüngungen mit bis zu vier Teilgaben,
- extensive N-Düngung mit in der Regel zwei Teilgaben,
- Injektionsdüngung bzw. Düngung mit Ammonium- bzw. stabilisierten N-Düngemitteln in 1-2 Teilgaben.

Jede dieser Düngungsstrategien benötigt eigene Planungs- und Entscheidungsmodelle (Wenkel et al., 2001, S. 159).

- Mapping-Ansätze („off-line approach“)

Die erste Frühjahrsdüngergabe bei Winterweizen wird zur Zeit der Bestockung (EC 20-25) gereicht. Zu diesen Stadien ist der Boden nur unzureichend mit Pflanzen bedeckt. Sensoren sind derzeit nicht in der Lage zu diesem Zeitpunkt Aussagen über den Ernährungszustand des Pflanzenbestandes zu treffen. Deswegen kann bei dieser Düngegabe Precision Farming derzeit nur mit einem Mapping-Ansatz umgesetzt werden.

Für diese Düngegabe und den folgenden N-Düngegaben stehen für den Mapping-Ansatz komplexe N-Bilanz- und Empfehlungsmodelle oder dynamische Bodenstickstoff- und Empfehlungsmodelle zur Verfügung. Relevante Informationen zur Ausweisung von Teilflächen und zum Import in Modelle sind hierbei u.a. teilflächenspezifische N_{\min} -Gehalte, Bestandesdichten oder Ertragserwartungen (Wenkel et al., 2001, S. 159 ff.; Brozio et al., 2000, S. 141 ff.; Engel, 1991, S. 64 ff.; Engel, 1997, S. 101 f. und S. 170 ff.; Lamp et al., 1999, S. 23).

- Sensor-Ansatz

Derzeit schon in der Praxis verwendete Sensoren messen das vom Pflanzenbestand reflektierte Tageslicht. Eine geringere Absorption des Tageslicht im grünen Wellenlängenbereich lässt

auf einen geringen Chlorophyllgehalt der Pflanzen schließen. Diese Information wird als Indikator für eine aktuelle N-Unterversorgung des Bestandes genutzt (Reusch, 1997, S. 26 ff.). Nur um die Bewirtschaftungsmaßnahme zu kontrollieren und zu dokumentieren, ist DGPS notwendig. Einsetzbar ist der Sensor zwischen EC 30 und zur Spätdüngung bis etwa EC 55.

- Sensor-Ansatz mit Kartenüberlagerung („Sensor mit Map-overlay“)

Bei diesem Ansatz werden die beiden vorherig beschriebenen Systeme miteinander verknüpft. Relevante Daten werden auf dem stationären System vorbearbeitet und auf die mobile Prozesstechnik übertragen. Diese Informationen können schon zu einer Soll-Düngergabe verrechnet sein oder noch aus Einzelinformationen bestehen. Auf dem mobilen System werden Informationen über den aktuellen Pflanzenzustand erhoben und mit den vom stationären System kommenden Daten auf dem Bordcomputer zur endgültig auszubringenden Applikationsmenge verrechnet. Die Applikationsmenge wird in diesem Arbeitsgang ausgebracht.

2.7.5 Teilflächenspezifische Pflanzenschutzmaßnahmen

Hauptaugenmerk bei dieser noch in der wissenschaftlichen Erprobung liegenden Maßnahme liegt bei Herbizidbehandlungen, beim Einsatz von Wachstumsregulatoren und Fungiziden.

Bei Mapping-Ansätzen sind hierbei aufwändige Bonituren des Pflanzenbestandes notwendig (Wartenberg und Schwarz, 1998, S. 118).

Bei der Herbiziderkennung mit einem Sensoransatz werden entweder Bildverarbeitungs- mit Analysetechniken eingesetzt oder es wird mit optoelektronischen Systemen gearbeitet. Bei teilflächenspezifischer Ausbringung von Wachstumsfaktoren, Fungiziden und N-Dünger wird derzeit zudem ein Pendelsensor erprobt. Ein hoher Pendelwinkel dient hier als Indikator für viel Biomasse mit damit verbundener großer zu benetzender Blattfläche. Dies wird zu hohen Applikationsmengen umgerechnet (Dammer und Ehlert, 2000, S. 155 ff.; Ludowicy et al., 2002, S. 130 f.; Ehlert und Dammer, 2002, S. 275 ff.).

2.7.6 Weitere Anwendungsbereiche

Fernerkundungsinformationen kurz vor einer Bewirtschaftungsmaßnahme lassen Rückschlüsse auf den Entwicklungsstand und der Wasserversorgung eines Pflanzenbestandes zu. Teilflächen, die sich kurz vor der Ernte im Zustand der Notreife befinden, lassen sich durch Luftbilder erkennen. Eine Geokodierung (Verknüpfung mit der Informationen des Ortes) der Ferner-

kundungsinformationen ist hierbei nicht zwingend notwendig. Erntemaßnahmen können so verbessert (u.U. auch auf Teilschlagebene) geplant werden (Grenzdörffer, 1998, S. 99).

Permanent feuchten Teilflächen lassen sich teilflächenspezifisch ermittelte Erträge zuordnen. Ertragsdepressionen und daraus abgeleitete erniedrigte Deckungsbeiträge im Vergleich zum Felddurchschnitt geben Hinweise, ob Investitionen für Drainagen für Teilbereiche des Feldes lohnenswert sind (Swinton und Ahmad, 1996; S. 1011).

Hat ein Pächter unterschiedliche Teilflächen verschiedener Verpächter zu einem Schlag zusammengelegt, ist als Vorinformation für Pachtpreisverhandlungen interessant, welche Pachtpreise für die einzelnen Teilschläge als angemessen erscheinen. Hierzu müssen zumindest die teilflächenspezifisch ermittelten, mit Preisen bewerteten Erträge den Teilschlägen der Verpächter zugeordnet werden. Etwaige Kosten werden je ha aufgeteilt soweit diese nicht teilflächenspezifisch erfasst wurden (Relevanz bei Swinton und Ahmad, 1996, S. 1011 ff.; Beispiel mit real erhobenen Daten bei Linseisen, 2001b, S. 691). Überteuerte am Rand gelegene Pachtflächen können damit ausfindig gemacht und nach erfolglosen Pachtverhandlungen an den Eigentümer zurückgegeben werden.

Auf gleiche Weise kann durch eine Kosten-Leistungsdifferenz für markante Teilschläge (z.B. ertragsschwache sandige Kuppe am Rand eines Feldes) festgestellt werden, ob diese stillgelegt werden sollen.

V.a. für diese beiden Fragestellungen ist noch zu erforschen, bei welchen Kostenpositionen es sinnvoll ist, diese auf Teilschlagebene zu verrechnen.

Mit Hilfe von GPS oder DGPS kann eine „virtuelle Flurbereinigung“ realisiert werden, bei der bestehende Eigentumsverhältnisse unverändert bleiben. Grundlage dafür ist die Einigung der Landwirte auf eine gemeinsame Fruchtfolge (Auernhammer und Mayer, 2000, S. 37). Die Feldbearbeitung erfolgt danach in größeren Einheiten über die Schlaggrenzen hinweg in einem Gewanne. Variierende Leistungs- und Kostenpositionen können mit Hilfe von GPS bzw. DGPS protokolliert und den einzelnen Eigentümer-Teilschlägen zugeordnet werden.

Durch die Düngeverordnung sind die Landwirte verpflichtet, auf gesamtbetrieblicher Ebene jährlich N-Salden und mindestens alle drei Jahre P- und K-Salden zu berechnen (BMELF, 1996, S. 34). Durch die Precision Farming-Technologien besteht diesbezüglich die Möglich-

keit einer weitgehend automatisierten Datenerfassung und –aufbereitung auch auf einer Teilschlagebene.

Liegt die Schlaggrenze mit ihren Ortsangaben vor, kann durch eine Funktionen eines Geoinformationssystems (GIS) die Schlagfläche errechnet werden. Diese Information wird in der Praxis gerne als Nachweis v.a. für Anträge zu Ausgleichszahlungen, die i.d.R. nach der Fläche gewährt werden, genutzt.

2.7.7 Resultierende Anforderungen an ein Precision Farming-MIS

Aus den Ausführungen von 2.7.1 bis Abschnitt 2.7.6 können einige Anforderungen an ein MIS für Precision Farming abgeleitet werden.

In einer Vegetationsperiode ist es notwendig für die einzelnen Planungsmodelle der jeweils durchzuführenden Precision Farming-Bewirtschaftungsmaßnahmen unterschiedliche Teilflächen als unterste örtlich zu leitende Einheit eines Systems auszuweisen. Beim reinen Sensoransatz haben hierbei Teilflächen nur eine Größe von wenigen m² und sind zeitlich nur für wenige Sekunden relevant. In der Testphase muss dieser Vorgang noch auf dem stationären MIS nachvollzogen werden können. Hingegen sind zur Ermittlung von Pachtpreisen, z.B. mit Hilfe einer Kostenrechnung, teilflächenspezifisch ermittelte Daten in örtlicher Hinsicht zu teils vielen Hektar großen, nach einem zeitlichen Kriterium zu mehrjährig gleichbleibenden Teilflächen zu verrechnen.

Ein zu entwickelndes MIS muss diesen sehr unterschiedlichen Anforderungen gewachsen sein.

Von den genannten Möglichkeiten des Einsatzes von Precision Farming-Strategien wird in den folgenden Ausführungen ein Schwerpunkt auf einen „Sensoransatz mit Kartenüberlagerung“ für N-Düngegaben von EC 30 bis etwa EC 55 für Winterweizen gelegt. Dieser Ansatz steht im Mittelpunkt der Tätigkeit im IKB Dürnast (siehe Abschnitt 2.7.4.3. und 3.4.1.). Zudem wird die Datenaufbereitung für die Belieferung einer Ist-Kostenrechnung, die auch auf Teilschlagebene Auswertungen zulässt, im Mittelpunkt der weiteren Arbeit stehen (Augsburger, 2000, S. 15 ff.). Die Kostenrechnung kann, wie unter Abschnitt 2.6 kurz erläutert, als Kontrollinstrument dienen.

Bisher wurde das Augenmerk hauptsächlich auf den grundsätzlichen Inhalt, Aufgaben, und Anforderungen an ein MIS für Precision Farming gelegt. In Abschnitt 3 stehen die hierzu

notwendige Software und ihre wichtigsten Funktionen sowie die notwendigen Datenströme im Fokus, um den in Abschnitt 2 herausgearbeiteten Anforderungen entsprechen zu können.

3 Aufbau eines rechnergestützten Precision Farming-Informationssystems

In diesem Abschnitt werden nun die wichtigsten rechentechnischen Voraussetzungen für ein Precision Farming System erläutert. Der Schwerpunkt liegt hierbei auf der benötigten Software und deren Datenverarbeitungsfunktionen

3.1 Überblick über das gesamte MIS und derzeitiger Stand der Standardisierung

Wie bereits in den Ausführungen von 2.5 zu entnehmen ist, sind zwei Untereinheiten für ein Precision Farming-MIS⁶ erforderlich. Dies ist zum einen Soft- und Hardware auf der mobilen Prozesstechnik. Diese Untereinheit muss in Echtzeit Daten verarbeiten können und die Entscheidungen an den Jobrechner des Anbaugerätes verschicken. Diese Untereinheit wird als mobiles Prozesscomputer-System (MPS) bezeichnet (LAV, 1997, Kapitel IV, S. 3). Zum anderen ist es eine Untereinheit, das MIS i.e.S., auf dem stationären Hofrechner. Dieses dient größtenteils der Planung und Übertragung der vorläufigen Entscheidungen von teilflächenspezifischen Bewirtschaftungsmaßnahmen auf das mobile System sowie der ex post Analyse. In einem Precision Farming Informationssystem sind demzufolge unterschiedliche Rechner-systeme in einem sogenannten offenen System beteiligt. Für das notwendige Übertragungsverfahren zwischen diesen Systemen ist eine Rahmenempfehlung, das sogenannte ISO-Referenzmodell⁷, zu berücksichtigen. Dieses Modell ist in DIN EN ISO/IEC 7498 genormt. „Die bei jeder Kommunikation erforderlichen Kommunikationsdienste teilt das Referenzmodell in sieben hierarchisch angeordnete Schichten (layer) ein, wobei jede Schicht an die jeweils darunterliegende Schicht einen Auftrag formuliert, der von dieser als Dienstleistung für die darüberliegende Schicht erbracht wird“ (Stahlknecht und Hasenkamp, 1999, S. 112). Eine derartige Schichtung des Übertragungsverfahrens hat den Vorteil, dass ein Nutzer, ohne größere Kenntnis des anderen Rechensystems, mit diesem kommunizieren kann.

⁶ Die Wortwahl der Landmaschinen- und Ackerschlepper-Vereinigung (LAV) zur Unterscheidung des Systems in ein MPS und ein MIS ist nach Ansicht des Autors nicht glücklich. Auch das MPS hat teilweise, wie unter 2.1 und 2.2 aufgezeigt, Managementaufgaben zu bewältigen. Die Wortwahl des LAV wird dennoch übernommen, da im Mittelpunkt der Arbeit das stationäre System (MIS i.e.S.) steht, wo auch eine Funktion des MPS entwickelt wurde. Werden MPS und MIS i.e.S. zusammen angesprochen wird im vorliegenden Text von nun an von einem „Precision Farming Informationssystem“ gesprochen.

⁷ Es wird auch als OSI- oder ISO/OSI-Referenzmodell bezeichnet. Hierbei steht ISO für die Internationale Organisation für Normung, OSI für Open Systems Interconnection.

Im landwirtschaftlichen Bereich bestand lange Zeit kein Standard für das notwendige Übertragungsverfahren. Die 1997 bis 1999 veröffentlichte DIN 9864 mit ihren Teilen 1-5 ist diesbezüglich als ein weiterer Schritt nach vorne zu sehen. Diese DIN wird auch als LBS („Landwirtschaftliches Bus System“) bezeichnet. Das LBS behandelt die Schichten 1 (Physikalische Ebene; DIN 9684 Teil 1 und 2), die Schicht 2 (Verbindung; DIN 9684 Teil 2 und Teil 3) und die Schicht 7 (Anwendung; DIN 9684 Teil 4 und Teil 5) des ISO-Referenzmodells. Die Schichten 3 - 6 (Vermittlung, Transport, Steuerung, Darstellung) werden nicht bedient (Schmidt, 1999, S. 4 ff.).

Derzeit wird im Rahmen der ISO 11783 Teil 1-11 ein neuer, weltweit geltender Standard zur Datenübertragung zwischen MPS und MIS definiert. Der wichtige Teil 10 „Task controller and management information system data interchange“ befindet sich aber noch im Stadium des „Working Draft“. 2002 sollen die Arbeiten an der ISO komplett abgeschlossen sein (Böttinger, 2001, S. 19 f.; ISO, 2001).

U.a. auch wegen dieser zeitlichen Gründe wurde im Projekt mit der DIN 9684 Teil 1-5 gearbeitet (Spangler und Auernhammer, 2000, S. 210 ff.).

Software der mobilen Prozesstechnik (Abbildung 9 unten)

Relevante Daten sind bei einem Mapping-Ansatz bzw. Sensor-Ansatz mit Kartenüberlagerung auf den Bordcomputer zu transferieren. I.d.R. werden die wichtigen Aufgaben des Datentransfers von einem sogenannten „Task Controller“, der sich hardwaremäßig meist im Gehäuse des Bordrechners befindet, erledigt. Als Bordrechner oder Bordcomputer wird hierbei die Recheneinheit auf dem Traktor oder Selbstfahrer bezeichnet. Auf dem relativ leistungsstarken Bordrechner können transferierte Daten zur Interpretation mit Sensordaten verknüpft und für Planungs- und Entscheidungsmodelle genutzt werden. Die Sensordaten müssen bei diesen Gegebenheiten ortsgenau mit den Mapping-Daten innerhalb z.B. eines Schlepper-Geo-Informationssystems (GIS) verknüpft werden. Nach der Entscheidung für eine angemessene teilflächenspezifische Intensität des Systeminputfaktors ist dieser Soll-Wert auf den Jobrechner des Anbaugerätes zu transferieren. Geregelt wird diese Verbindung z.B. durch die DIN 9684-3. Dosierorgane oder Regelmechanismen auf dem Anbaugerät (Aktoren) müssen vom Jobrechner ansteuerbar sein. Die realisierten Ist-Systeminputfaktorwerte sind für Kontrollauswertungen im Rahmen der Versuchsplanung oder einer Ist-Kostenrechnung wieder zurück auf das MIS zu übertragen (siehe Abbildung 9 Mitte). Die ortsbezogenen Daten werden punktuell erhoben. Der Ort ist definiert durch x- und y-Koordinaten, die durch das DGPS bereit

gestellt werden. Messwerte und weitere Merkmale werden als Attribute den x- und y- Koordinaten durch Software auf dem Bordrechner angehängt (siehe auch Abschnitt 3.2.1).

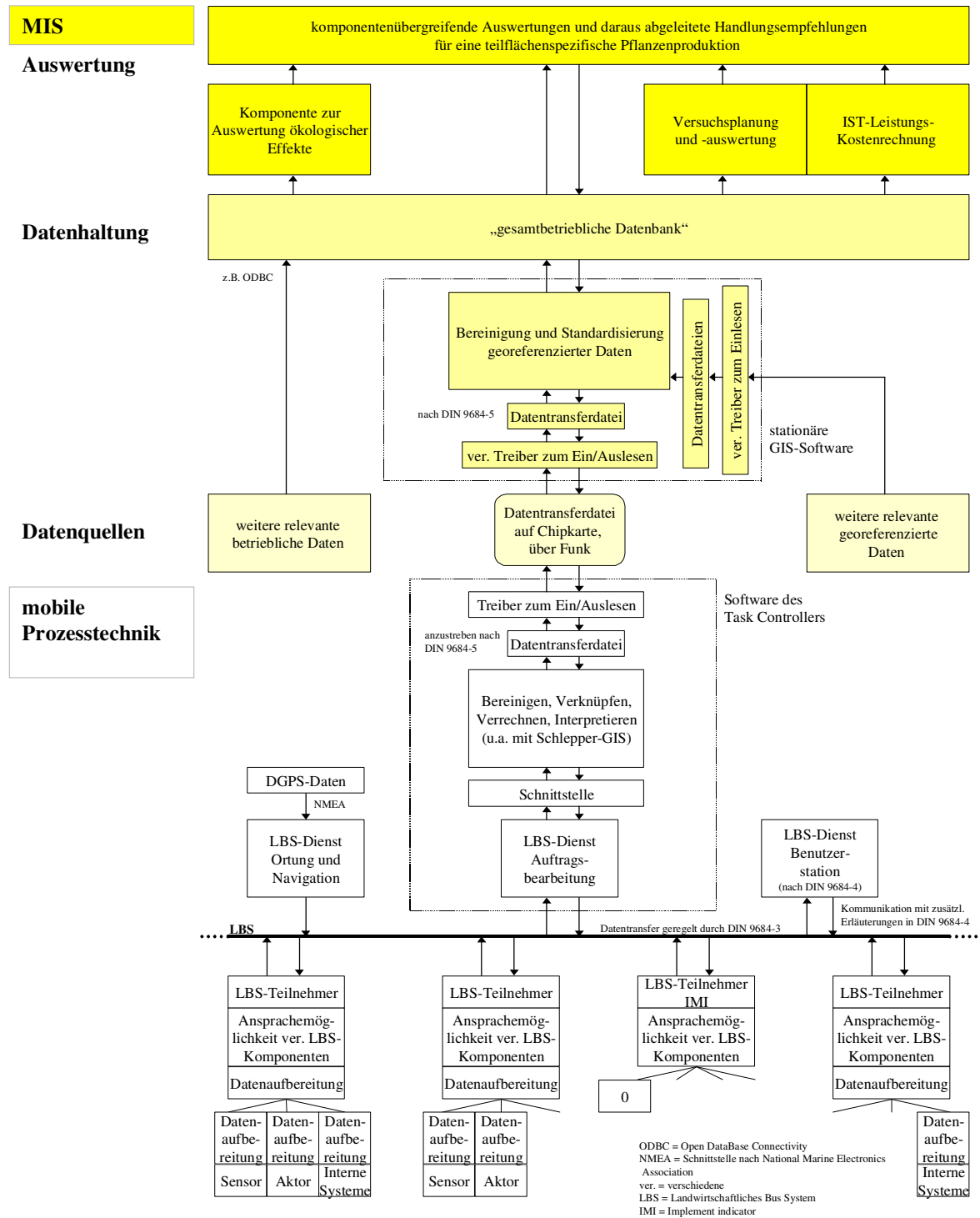


Abb. 9: Notwendige Daten, Datenströme und Software für Precision Farming (nach Linseisen et al., 2000b, S. 42)

Stationäre Geoinformationssysteme (Abbildung 9 Mitte)

haben derzeit eine Schlüsselfunktion für teilflächenspezifische Aufgabenstellungen. Ein GIS „ist ein rechnergestütztes System, das aus Hardware, Software, Daten und Anwendungen be-

steht. Mit ihm können raumbezogene Daten digital erfaßt und redigiert, gespeichert und reorganisiert, modelliert und analysiert sowie alphanumerisch und graphisch präsentiert werden“ (Bill, 1999, S. 4).

Ortsbezogene Daten der mobilen Prozesstechnik können hier weiterverarbeitet werden. Die Transferdatei von der mobilen Prozesstechnik zum MIS und in umgekehrte Richtung ist in der DIN 9684-5 geregelt (siehe Abbildung 9 Mitte).

In das stationäre GIS müssen aus weiteren GIS-Systemen ortsbezogene Daten hin- und hertransportiert werden. Dieser Informationsaustausch ist z.B. für Bestandesbonituren, die mit Hilfe eines mobilen GIS auf einem Pentop mit DGPS aufgenommen werden, notwendig.

Durch im GIS bereitgestellte Funktionen lassen sich die x- und y- Koordinaten in verschiedene Bezugssysteme (sogenannte Koordinatensysteme) umrechnen, von fehlerhaften Werten bereinigen, zu Aussagen über Flächen überführen und verschiedenen Teilflächen zuordnen. In einem GIS wird im Regelfall mit den Datentypen Punkt, Linie und Polygon gearbeitet. Diese Datentypen werden u.a. durch die x- und y-Koordinaten definiert (siehe Abschnitt 3.3.2). Für nähere Erläuterungen zu den Koordinatensystemen sei auf LUDOWICY et al., (2002, S. 22 ff.) oder BAUER (1997, S. 53 ff.) verwiesen (siehe auch Abschnitt 3.3.2).

Auswertungskomponenten (Abbildung 9 oben)

verwenden meist relationale Datenbanken zur Datenhaltung. In einer möglichst zentralen Ablage der Daten für verschiedene Auswertungskomponenten innerhalb der „gesamtbetrieblichen Datenbank“ soll eine weitestmögliche Datenredundanz vermieden und Konsistenz der Daten erreicht werden. Ferner wird hierbei angestrebt, die Dateneingaben auf ein Minimum zu reduzieren und Unstimmigkeiten bei Abfragen auf die Daten zu vermeiden. Dies kann bei mehreren parallel benutzten Datenbanken häufiger auftreten. Übliche Datentypen sind in diesen Systemen „smallinteger“, „integer“ oder „decimal“ für Zahlen oder „varcharacter“ für Texte (näheres zu diesen Datentypen siehe Abschnitt 3.3.2). Werte ohne x- und y-Koordinaten (z.B. Wetterdaten, Anbaupläne) werden direkt in die gesamtbetriebliche Datenbank abgelegt. Aus der Datenbank werden jeweils relevante Informationen in unterschiedliche Auswertungskomponenten transferiert. In diesen Komponenten werden Precision Farming Bewirtschaftungsmaßnahmen in Hinblick auf ihre ökonomische und ökologische Zielerreichung geplant und bewertet. Durch eine „komponentenübergreifende Auswertung“, in der die Ergebnisse aus den einzelnen Auswertungskomponenten zusammengeführt werden, kann durch „Lernen“ das System besser verstanden, können v.a. die verwendeten Planungs- und Entscheidungs- sowie Bewertungsmodelle verfeinert werden. Planungsmöglichkeiten, Ent-

scheidungen sowie die durchgeführten Bewirtschaftungsmaßnahmen mit ihren Ist-Systeminputfaktoren und Ist-Systemoutputfaktoren lassen sich im stationären GIS visualisieren. Entscheidungen werden von dort wieder auf die mobile Prozesstechnik übertragen (siehe Abbildung 9 oben).

Folgend werden die einzelnen Einheiten näher beschrieben.

3.2 Datenquellen

3.2.1 Untereinheit auf der mobilen Prozesstechnik

Das MPS ist nicht der Schwerpunkt dieser Arbeit und wird deshalb kurz gehalten. An dieser Stelle werden nur die grundlegenden Strukturen des Datenmanagements auf der mobilen Prozesstechnik im Rahmen der DIN 9684 Teil 3 und Teil 5 erläutert, um derzeitige Möglichkeiten und Probleme im Hinblick für die Weiterverarbeitung der ortsbezogenen Daten auf dem MIS erklären zu können.

3.2.1.1 Allgemeine Struktur der Datenströme, Datenmanagement, und damit verbundene Probleme auf der mobilen Prozesstechnik

Im Folgenden wird das Datenmanagement zwischen dem Bordcomputer des Schleppers und dem Jobrechner des Anbaugerätes beschrieben, um Möglichkeiten und Probleme zu erklären. Es wird auch auf Besonderheiten des IKB Dürnast hingewiesen.

Das Landwirtschaftliche Bus System (LBS) wird, wie oben erläutert, durch die DIN 9684 Teil 1 bis 5 näher definiert.

Ein Bus ist hierbei „ein Verbindungssystem mit einer geordneten Hardware-Mehrfachschnittstelle für eine bestimmte Anzahl von Geräten (Einheiten), um zwischen ihnen einen Informationsaustausch zu ermöglichen. Dieser Informationsaustausch erfolgt nach genau definierten Regeln, welche sowohl die mechanischen Randbedingungen wie Stecker, die Spezifikation der elektrischen Signale wie Ankopplung, Signalformate und Busabschluß vorgeben, als auch die zeitliche Folge der Bussignale vorschreiben, die in den Busprotokollen festgelegt werden“ (Rembold und Levi, 1999, S. 413).

Als Busprotokoll wird beim LBS das Controller Area Network (CAN)-Protokoll nach ISO 11898 : 1993-11 verwendet.

CAN unterstützt zwei verschiedene Formate von Botschaftsrahmen, die sich im wesentlichen nur in der Länge der Identifier (ID) im „Arbitration Field“ des Botschaftsrahmens unterschei-

den (Burkel, 1993, S. 46 ff.): Die Version 2.0A verwendet einen 11 Bit ID, Version 2.0B einen 29 Bit ID.

LBS benutzt die Version 2.0A. In der ISO-Norm 11783 Part 1-11 wurde statt dessen die Version 2.0B festgelegt. Es gibt Hardware, die beide Formate unterstützen kann.

Eine notwendige Umstrukturierung der Daten bei einem etwaigen Umstieg von LBS auf ISO reduziert sich deswegen bei dieser Hardware auf ein reines Software-Update (LAV, 1997, S. 3 f.). Durch einen ID wird die Datenstruktur auf dem LBS grob festgelegt. Die 3 Bit-Kombination PRI „kennzeichnet die Prioritätsgruppen (Aufgabengruppen des LBS), wobei PRI=000 die höchste Prioritätsgruppe ist“ (siehe Abbildung 10; DIN 9684-3, 1997, S. 3).

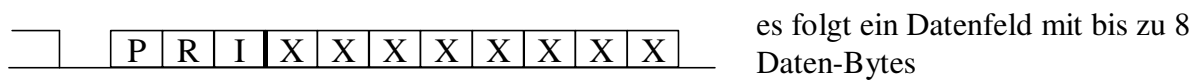


Abb. 10: Aufteilung des LBS-11 Bit-Identifiers (ID) der Version 2.0A

Beim CAN und damit auch beim LBS werden gleichberechtigte Komponenten (derzeit Teilnehmer und Dienste⁸) über einen Bus miteinander verbunden. Die Initialisierung und Verwaltung

GETY	Bezeichnung
0000	Basisgrößen
0001	Traktor
0010	Bodenbearbeitung primär
0011	Bodenbearbeitung sekundär
0100	Saat
0101	Düngung
0110	Pflanzenschutz
0111	Getreideernte
1000	Hackfruchternte
1001	Futterernte
1010	Beregnung
1011	Transport
1100	Innenwirtschaft
1110	Sonderkulturen
1111	Kommunalarbeiten

Tab. 1: Liste der Gerätetypen (DIN 9684-3, 1997, S. 5)

des Systems wird daher von allen LBS-Teilnehmern gemeinsam im Rahmen der Systemfunktionen durchgeführt (DIN 9684-3, 1997, S. 4). Die Systemfunktionen besitzen die höchste Priorität beim Datenaustausch im LBS (gekennzeichnet durch die 3 Bit PRI = 000). An das LBS können 16 Gerätetypen (GETY) mit 8 Anbaupositionen (POS) angeschaltet werden (siehe Tabelle 1 und 2). Dies entspricht einer Anzahl von 16 x 8 = 128 logischen Geräten. Zur eindeutigen Identifizierung dieser logischen Geräte sind folglich 7 Bit notwendig. Diese 7 Bit werden GETY POS bezeichnet. Den Teilnehmern werden aber durch das LBS im Rahmen des 11 Bit-Identifiers nur 4 Bit (SEND bzw. EMPF) für „dynamische

⁸ Teilnehmer können beispielsweise sein: Traktor, Düngerstreuer, Front- und Heckmäherwerk; Dienste sind beispielsweise: Systeme zur Ortungs- und Navigationsdateneinspeisung, Systeme zum Datentransfer vom/zum stationären GIS

Adressen“ bereitgestellt. Beim Initialisierungsvorgang bemühen sich daher die Teilnehmer im Rahmen der Systemfunktionen um eine der 15 möglichen dynamischen Adressen. Die 16.

POS	Position
000	Hinten (Heckanbau)
001	Vorne (Frontanbau)
010	Seitlich
011	Zwischenraum
100	Hinterachse
101	Aufsattelposition
110	Anhängeposition 1
111	Anhängeposition 2

Tab. 2: Liste der Gerätepositionen bei den Gerätetypen 1 bis 15 (DIN 9684-3, 1997, S. 5)

mögliche Adresse ist „für Nachrichten an alle (Broadcast) reserviert“ (DIN 9684-3, 1997, S. 4 ff.). LBS-Teilnehmer können durch LBS-Basis-Botschaften (mit PRI=001) und -wenn entsprechende Teilnehmer-Software implementiert ist- durch LBS-Gezielte Botschaften (mit PRI=010) mit anderen LBS-Komponenten Kontakt pflegen.

Ein vollwertiger LBS-Teilnehmer verfügt über eine eigene Recheneinheit. Dieser Recheneinheit können Sensoren (z.B. Reflexionsmessgerät zur Erkennung des aktuellen Pflanzenernährungszustandes), Aktoren (z.B. Dosierorgan eines Düngerstreuers) und interne Systeme (z.B. ein traktorinterner Bus) in beliebigen Kombinationen zugeordnet werden. Die zugeordneten Sensoren, Aktoren und internen Systeme sind nur über den jeweiligen LBS-Teilnehmer über das Leitungssystem ansprechbar (siehe Abbildung 9 unten; DIN 9684-3, S. 15).

Ein vollwertiger LBS-Teilnehmer verfügt über eine eigene Recheneinheit. Dieser Re-

Im IKB Dürnast wurde der LBS-Teilnehmer Implement Indicator (IMI) entwickelt (Auernhammer et. al., 1999, S. 7 ff.; Spangler, 2000, S. 37 ff.). Er verfügt im Vergleich zu vollwertigen LBS-Teilnehmern nur über eingeschränkte Möglichkeiten des Datenmanagements: Dem IMI in der ersten Ausbaustufe können Sensoren, Aktoren oder interne Systeme nicht zugeordnet werden. Der IMI kann allerdings Informationen von LBS-Komponenten (z.B. zurückgelegter Weg vom LBS-Teilnehmer Traktor) aufnehmen und mit eigenen, fest programmierten Daten (z.B. eigene Arbeitsbreite) verknüpfen, um so als Information die bearbeitete Fläche als feste Arbeitsbreite multipliziert mit vom Traktor zurückgelegten Weg in das LBS zurückzuschicken. Der IMI ist daher vor allem als kostengünstige Alternative für nicht durch das LBS zu steuernde und für nicht sensorisch datenerfassende Maschinen (z.B. Egge, Walze, Transportwägen) vorgesehen (Auernhammer et al., 1999, S. 7 ff.). Damit ist es im IKB Dürnast möglich, für fast alle Anbaugeräte ortsbezogene Daten zu erheben.

Die jeweils nur einmal vorkommenden LBS-Dienste besitzen eine feste Dienst-Adresse („DIEN“; DIN 9684-3, 1997, S. 4). Dienste wurden eingerichtet, um Daten in und aus dem LBS zu transferieren.

Derzeit sind die Dienste „Benutzerstation“ mit den Bits DIEN = 0000 und „Auftragsbearbeitung 1“ mit DIEN = 0001 durch die DIN 9684-4 bzw. -5 näher spezifiziert. Für die Dienste „Auftragsbearbeitung 2“ (DIEN = 0010), „Ortung und Navigation“ (DIEN = 0011), „Systemdiagnose“ (DIEN = 0100), „externe Diagnose“ (DIEN = 0101), „interne Diagnose“ (DIEN = 0110) und „Drucker“ (DIEN = 0111) liegen zur Zeit noch keine Spezifikationen vor (nach DIN 9684-3, 1997, S. 15).

Diese Dienste belegen zwei Prioritätsgruppen mit PRI=011 und 100 (siehe Abbildung 11; DIN 9684-3, 1997, S. 3; weitere Erläuterungen zu den einzelnen Bits unter 3.2.1.2).

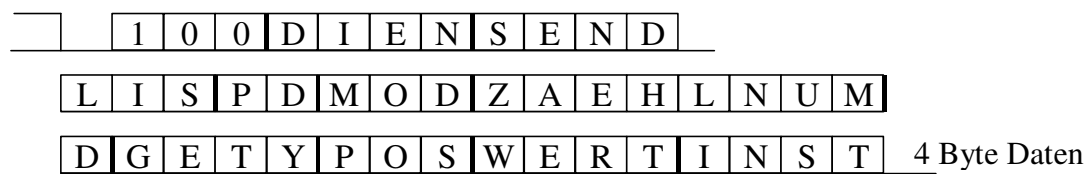


Abb. 11: Aufbau des LBS-Identifiers für den Datentransfer vom Teilnehmer SEND an den Dienst DIEN (DIN 9684-3, 1997, S. 15; weitere Erläuterungen zu den einzelnen Bits finden sich unter Abschnitt 3.2.1.2)

So können z.B. Daten mit dem LBS-Dienst „Auftragsbearbeitung 1“ über weitere Softwarekomponenten des Task Controllers von und zu einem stationären GIS übertragen werden. Diese Softwarekomponenten des Task Controllers sind nicht durch Normen definiert (siehe Abbildung 9 Mitte). Diese sind entsprechend den Anforderungen, welche die mobile Prozesstechnik zu bewältigen hat (z.B. Unterstützung des Flottenmanagements, autonomes Fahren), unterschiedlich gestaltet.

Die Prioritätsgruppe mit den Bits PRI=101 ist für LBS-Partnersysteme vorgesehen. Die verbleibenden Prioritätsgruppen (PRI=110 und PRI=111) sind derzeit noch nicht näher spezifiziert (DIN 9684-3, 1997, S. 15 f.).

Die DIN 9684 Teil 1-5 fand bisher nur wenig Anklang bei Anbietern und Landwirten. Teilweise wird gezielt auf die vollständige Einführung der ISO 11783 gewartet, um eventuelle Komplikationen bei der Umstellung zu vermeiden (Schmidt, 1999, S. 10). Ein Grund ist hierfür, wie oben besprochen, das Verwenden unterschiedlicher CAN-Versionen mit einer unterschiedlich geregelten Datenstrukturierung. Weiterhin läßt die DIN 9684 einerseits Interpretationsspielräume zu, wie z.B. bei der Ausgestaltung des Task Controllers. Infolgedessen werden auf dem Markt nicht voll kompatible LBS-Systeme angeboten (Böttinger, 2001, S. 18). Andererseits sind die Teile 4 und 5 der DIN für die Hersteller zu eng gefasst. Vor allem die Realisierung eines „virtuellen Terminals“ im Teil 4 der DIN 9684 bereitet Probleme.

Im Rahmen der DIN 9684 wurde ein Raum für den Dienst „Ortung und Navigation“ für GPS und DGPS-Daten eingerichtet. Eine grundlegende Beschreibung der Funktion solcher Daten

ist aber, wie oben geschildert, „im Rahmen der Standardisierung noch nicht erfolgt“ (Schmidt, 1999, S. 10; DIN 9684-3, 1997, S. 15). Dies wird sich in der ISO 11783 Teil 10 ändern. Entsprechende Datenobjekte sind hier zur geregelten Handhabung der Ortsangaben innerhalb der Norm vorgesehen (ISO, 2001, S. 29).

Ein weiteres wichtiges Problem beim derzeitigen Stand der Normung ist, dass Systeme von Selbstfahrern nicht in die DIN einbezogen wurden. Im Bereich des Datentransfers von Selbstfahrer-Systemen auf das MIS sind deswegen nach wie vor eine Unmenge herstellerspezifischer Dateiformate in Verwendung (Ludowicy et al., 2002, S. 116). Weiterhin muss standardisiert abgeklärt werden, welche Daten, wo verrechnet, wie aggregiert, zu welchen Arbeitsgängen zu beiden Systemen, dem MPS und dem MIS, übertragen werden sollen (Linseisen et al., 2000b, S. 36). Diesbezüglich enthält die DIN nur wenig Verbindliches.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass mittlerweile für fast alle Selbstfahrer und Schlepper mit Anbaugeräten die Möglichkeit der automatisierten Prozessdatenerfassung besteht. Dies nicht zuletzt mit der Hilfe durch IMIs. Der derzeitige Stand der Normung der Datenübertragungswege kann aber noch nicht als hinreichend erachtet werden.

3.2.1.2 Datentransfer vom MPS zum MIS im Rahmen der DIN 9684 Teil 5

Auf allgemeine Möglichkeiten und Probleme bei der DIN 9684 wurde bereits im obigen Abschnitt eingegangen. Nachfolgend wird der Teil 5 der DIN näher besprochen. Hier wird der Datentransfer zwischen den Systemen MIS und MPS geregelt (LAV, 1997, Kapitel IV, S. 2). Schlussfolgerungen für die praktische Umsetzung des Datentransfers vom MPS zum MIS (siehe Kapitel III) im Projekt IKB Dürnast werden am Ende des Abschnitts gezogen.

Die Kommunikation im Rahmen der DIN 9684 Teil 5 basiert auf einer genormten ASCII-Datei mit einer eigenständigen Syntax der sogenannten ADIS-Syntax nach ISO 11787. Für den Datenaustausch werden vier Dateitypen definiert:

- Auftragsdatei (MIS-> MPS)
- Rückmeldedatei (MPS->MIS)
- Stammdatendatei
- Maschinendatendatei

Die Rückmeldedatei wird vom MPS erstellt, in der die tatsächlichen Ist-Werte mit Ortsangaben abgespeichert werden. Werden auf dem MPS keine Ist-Werte gemessen, stellen einige

Gerätehersteller die in einer Auftragsdatei befindlichen Soll-Werte mit Ortsangaben verknüpft in die Rückmeldedatei (Böttinger, 2002). Alle vier genannten Dateien dienen dem Datentransfer (auch Stammdaten können zur Aktualisierung übertragen werden) und werden daher als Datentransferdateien (DTD) bezeichnet (LAV, 1997, Kapitel IV, S. 3). Rückmeldedateien waren Hauptaugenmerk im IKB Dürnast der ersten Antragsphase in den Jahren 1998 bis 2001. In der zweiten Antragsphase des IKB Dürnast in den Jahren 2002 bis 2005 werden Daten durch Auftragsdateien automatisiert vom MIS zum MPS übertragen.

Die für diese Aufgabenstellungen verwendete ADIS-Syntax beruht auf standardisierten Datensätzen (Zeilen). Es werden folgende Abkürzungen für Datensätze bzw. Zeilen verwendet:

C	Kommentarsatz (comment line)
D	Definitionssatz (definition line)
E	Logisches Dateiende (logical end of file line)
I	Pfadangabe zu Einfügedateien (include line)
T	Auftragsende (end of task line)
V	Wertesatz (value line)
Z	Physikalisches Dateiende (physical end of file line)

Drei Zustände, in welchen sich die Datensätze bzw. Zeilen befinden können, sind durch Abkürzungen definiert:

F	Kennzeichnung eines fehlerhaften Datensatzes
H	Headerinformation (muss immer am Dateianfang stehen)
N	Normalstatus

In der DIN 9684 Teil 5 sind für weitere Erläuterungen wichtige Begriffe definiert:

Das Datenlexikon (Data dictionary) „ist die Gesamtheit der Datenobjekte mit ihren Objektattributen.“ Ein Datenobjekt bildet hierbei „ein Objekt der realen Welt ab. Das Datenobjekt ist charakterisiert durch einen eindeutigen Objektnamen, eine Objektdefinition und eine Objektgruppen-Nummer. Ein Datenobjekt enthält mehrere Objektattribute mit einer eindeutigen Identifier-Nummer“ (IDN).

Ein Objektattribut ist eine Informationseinheit eines Datenobjektes, die eine einzelne Eigenschaft beschreibt. Ein Objektattribut besitzt die Merkmale IDN, Name (bei Schlüsselattributen wird ein @ vorangestellt), Datenformat, Länge des Wertes, Nachkommastellen, Einheit und Kommunikationsrichtung“ (LAV, 1997, Kapitel IV, S. 2 ff.).

Zur Verdeutlichung sind zwei wichtige Datenobjekte für Precision Farming-Bewirtschaftungsmaßnahmen beschrieben und jeweils ein Beispiel für eine DTD aufgeführt. In Abbildung 12 wird das Datenobjekt mit dem Objektnamen Produkt-Messergebnisse vorgestellt. Dieses Dateiojekt ist den Rückmeldedateien zugeordnet. Es wird vom MPS auf das

MIS übertragen. Beschrieben wird in Abbildung 13 das Datenobjekt mit dem Objektnamen Prozessdaten-Sollwertvorgabe. Dieses Datenobjekt ist den Auftragsdateien zuweisbar. Es wird vom MIS auf das MPS übertragen.

Die ersten beiden Zeilen sind Kommandozeilen, die sich im Normalstatus befinden. Danach folgen Definitionszeilen im Normalstatus.

In jeder Zeile wird eine Objektgruppen Nummer (event-number) vergeben. Diese sechsstellige Zahl gibt an, zu welcher Gruppe von Datenobjekten der betreffende Datensatz gehört. Es wird folgend unterschieden in:

- Header-Daten mit 000 000,
- Maschinendaten mit 999 999,
- Stammdaten mit 999 998,
- Auftragsbearbeitung 2 mit 999 997 (nach BÖTTINGER (2002) dienen weitere Auftragsbearbeitungen zur etwaig in der Zukunft benötigten erweiterten Auftragsverwaltung),
- Globale Auftragsdaten mit 200 000,
- Teilschlagdaten mit 040 000,
- Auftragsdaten mit 020 000,
- Gerätedaten mit 002 000,
- Ortungsdaten mit 000 800,
- Fahrgassendaten mit 000 600,
- Teilflächen Ergebnisdaten mit 000 500 (siehe Abbildung 12),
- Teilflächen Messdaten mit 000 400,
- Teilflächenprozessdaten mit 000 200 (siehe Abbildung 13) und
- Teilflächenelement-Daten mit 000 020.

Die Objektgruppen-Nummer einer D-Zeile muss hierbei in der folgenden V-Zeile wiederholt werden.

In der DTD ist der 8 Zeichen (hexadezimal) lange LBS-Identifizier aus DIN 9684-3 durch eine Formatanweisung (3 Zeichen, hexadezimal) ergänzt, die die Länge und die Nachkommastellen des Wertes definiert (siehe Abbildung 12 und 13 Spalten „Datenformat“, „Länge des Wertes“ und „Nachkommastellen“). Die gesamte Länge der IDN beträgt daher im ADIS-konformen Format immer 11 Zeichen. So hat der IDN im Beispiel der Abbildung 13 den Wert

„02FF2034080“. Die letzten drei Ziffern „080“ stehen hierbei für einen numerischen Wert mit 8 Stellen und 0 Nachkommastellen.

Durch die LBS-Identifizierer beschrieben in der DIN 9684 Teil 3, wird ein Objektattribut eindeutig identifiziert. Im Beispiel in Abbildung 13 unten in der dritten Spalte ist der LBS-Identifizierer „02FF2034“. Im Wesentlichen sind in der DIN 9684 Teil 3 die einzelnen Attribute in einer 16x16 Matrix mit der Wertegruppe (WERT) und Instanz (INST) für jeden einzelnen Gerätetyp (GETY) festgelegt worden (siehe LAV, 1997, Kapitel II, S. 25 ff.).

Die in hexadezimal dargestellte 8 Zeichen lange IDN ist in eindeutiger Weise ($16^8 = 2^{32}$) als Teil des LBS-Identifizierers interpretierbar. Der allgemeine Aufbau des LBS-Identifizierers, bestehend aus dem 11 Bit langen CAN-Identifizierer und einem Datenfeld mit bis zu 8 Daten-Bytes, welches bereits unter 3.1.2.1 erläutert wurde. Der obige hexadezimal dargestellte Wert „02FF2034“ ist in Binärdarstellung „0000001011111110010000000110100“.

Die 8 Zeichen lange Identifizier-Nummer (IDN) setzt sich aus den folgenden 9 Teilen, die in der DIN 9684 Teil 3 definiert wurden, zusammen (siehe auch Abbildung 11).

IDN ::= LIS + PD + MOD + ZAEHLNUM + D + GETY + POS + WERT + INST (32 Zeichen)

Mit:

IDN	Identifizier-Nummer (8 Zeichen, hexadezimal)
LIS	Listennummer des „LBS-Datenlexikon“ (3 Bit)
PD	Datentyp (2 Bit)
MOD	Modifizierer von PD (3 Bit)
ZAEHLNUM	Zählnummer zur Gruppen- und Aggregatidentifizierung im LBS (8 Bit)
D	Zahlenformat (Longinteger oder Dezimal) im LBS (1 Bit)
GETY	Gerätetyp (4 Bit)
POS	Anbauposition (3 Bit)
WERT	Wertegruppe, indiziert die Zeile der LBS-Datenobjekt-Matrix (4 Bit)
INST	Instanz, indiziert die Spalte der LBS-Datenobjekt-Matrix (4 Bit)

Das obige Zahlenbeispiel wird nun erläutert. Bisher ist in der Norm nur eine Liste (LIS) definiert. Da Listen mit den drei Bit LIS gekennzeichnet sind, können 7 weitere Listen für bisher nicht absehbare Aufgaben im LBS integriert werden. LIS hat damit den bisher einzig definierten Wert „000“. Sollwerte werden bei den Bits PD mit „00“ gekennzeichnet. „010“ wird bei MOD bei einer PD mit „00“ für einen unteren Grenzwert verwendet. Mit „11111111“ wird der Soll-Systeminputfaktor für alle Aggregate herangezogen. Einzelne Teilbreiten eines Anbaugerätes werden in diesem Beispiel also nicht angesprochen. Bei D wird mit „0“ eine Longinteger-Zahl ausgewiesen (LAV, 1997, Kapitel II, S. 16 ff.). Mit „0100“ wird bei GETY die

Bewirtschaftungsmaßnahme Saat definiert. Eine POS von „000“ definiert einen Heckenbau des Gerätes am Traktor (LAV, 1997, Kapitel II, S. 6 f.). Ein WERT von „0011“ und ein INST von „0100“ ist für eine GETY von „0100“ als Arbeitstiefe definiert (LAV, 1997, Kapitel II, S. 29).

Weiter wird in den Abbildungen 12 und 13 die Grammatik der Datenobjekte im Backus-Naur-Format angegeben (zu den verwendeten Symbolen und ihrer Beschreibung siehe Tabelle 3).

In den Abbildungen 12 und 13 werden für numerische Werte die Abkürzung N und für alphanumerische Werte die Abkürzung A verwendet.

Symbol	Beschreibung
::=	Gleichsetzung, „besteht aus“
+	„UND“ (im BMF als Leerzeichen dargestellt)
	Auswahl, „entweder oder“
[]	optional
{ }	mehrfach

Tab. 3: Nomenklatur des Backus-Naur-Formats (BNF)

Objektname: Product MeasuredData (Produkt-Messergebnisse)
Objektgruppen-Nummer: 000 500 (Teilflächen Ergebnisdaten)
Objektdefinition: Messergebnisse der Ausbringung von Produktionsmitteln. Dieses Datenobjekt wird nur vom MPS zum MIS übertragen

Objektattribute:

IDN	Name	Datenformat	Länge des Wertes	Nachkommastellen	Einheit	MIS -> MPS	MPS -> MIS
00FF01D5	ProductId	N	8	0		-	x
08FF??250	ApplicationRateActualValue	N	8	2		-	a
09FF??250	ApplicationRateMinimumValue	N	8	2		-	a
0AFF??250	ApplicationRateMaximumValue	N	8	2		-	a
0BFF??250	ApplicationRateIntegralValue	N	8	2		-	a
0CFF??250	ApplicationRateAverageValue	N	8	2		-	a

BNF (MPS -> MIS): ProductMeasuredData::= ProductID + (ApplicationRateActualValue | ApplicationRateMinimumValue | ApplicationRateMaximumValue | ApplicationRateIntegralValue | ApplicationRateAverageValue)

Beispiel: Messergebnis der Ausbringung von Produktionsmittel

CN	ProductMeasuredData		
CN	ProductId	AppRtActVal	AppRtIntVal
DN000500	00FF01D5080	08FF0350082	0BFF0350082
DN000500	00000001	00020000	00892000
DN000500	00600002	00000150	00002530

Im Beispiel wird ein Produktionsmittel mit der Applikationsrate 200 (Einheiten) ausgebracht. Insgesamt wurden bisher 8920 (Einheiten) des Produktionsmittels ausgebracht. Ein weiteres Produktionsmittel wird mit 1.5 Einheiten und insgesamt mit bisher 25.3 Einheiten ausgebracht.

Abb. 12: Beschreibung des Datenobjekts Produkt-Messergebnisse (nach LAV, 1997, Kapitel IV, S. 31)

Bei den Abbildungen 12 und 13 wird für die Spalten der Kommunikationsrichtung (MIS -> MPS bzw. MPS -> MIS) folgende Abkürzungen verwendet:

- x zwingender Bestandteil des Datenobjektes
- o optionaler Bestandteil des Datenobjektes
- a alternative Bestandteile des Datenobjektes; mindestens einer davon zwingend
- d disjunkte Bestandteile des Datenobjektes; höchstens einer davon zulässig
nicht relevant.

Objektname: ProcessDataSetpoint (Prozessdaten-Sollwertvorgabe)
Objektgruppen-Nummer: 000 200 (Teilflächen Prozessdaten)
Objektdefinition: Sollwertvorgabe für produktunabhängige Prozessdaten. Dieses Datenobjekt wird nur vom MIS zum MPS übertragen

Objektattribute:

IDN	Name	Datenformat	Länge des Wertes	Nachkommastellen	Einheit	MIS -> MPS	MPS -> MIS
00FF????	ProcessVariableSetpoint	N	8	0		a	-
01FF????	ProcessVariableSetpoint%	N	8	0		a	-
02FF????	ProcessVariableSetpointMin	N	8	0		o	-
03FF????	ProcessVariableSetpointMax	N	8	0		o	-

Die beiden ersten Fragezeichen legen über GETY POS den Gerätetyp fest und können Werte von 08 bis 7F annehmen.
 Die beiden letzten Fragezeichen bezeichnen über Wert und INST die Prozessvariable und können Werte von 00 bis 4F annehmen. So ist z.B. bei der Prozessvariablen "Ablagetiefe Sämaschine" ????=2034.
 Beide alternative Objektattribute gemeinsam bewirken die Definition des 100 % Wertes.

BNF (MPS -> MIS): ProcessDataSetpoint::= (ProcessVariableSetpoint | ProcessVariableSetpoint%) + [ProcessVariableSetpointMin] + [ProcessVariableSetpointMax]

Beispiel: Sollwert von Prozessvariablen

CN	ProcessDataSetpoint		
CN	ProcVarSp	ProcVarMin	ProcVarMax
DN000200	00FF2034080	02FF2034080	03FF2034080
DN000200	00000200	00000150	00000250

Im Beispiel wird eine Prozessvariable "Ablagetiefe Sämaschine" auf den Sollwert von 200 mm gesetzt. Der Wert darf von 150 mm bis 250 mm schwanken.

Abb. 13: Beschreibung des Datenobjektes Prozessdaten-Sollwertvorgabe (LAV, 1997, Kapitel IV, S. 32)

Bei der Auftragsbearbeitung müssen Navigationsmodelle Berücksichtigung finden. Hierfür sind in Anhang C der DIN 9684-5 das Fahrgassenmodell und das Rastermodell definiert. Beim Rastermodell wird über den zu bearbeitenden Teilschlag eine Gitternetz-Ebene gelegt. Der Umriss dieses rechteckigen Bereichs der Gitternetz-Ebene wird „PartfieldBoundaryFrame“ genannt. Die einzelnen Zellen des Gitternetzes (GridZell) haben in X-Richtung die Länge „CellXLength“ und in Y-Richtung die Länge „CellYLength“. Die Eckpunkte des PartfieldBoundaryFrame werden durch „PartfieldFrameXmin/PartfieldFrameYmin“ und „PartfieldFrameXmax/PartfieldFrameYmax“ lokalisiert. Die oberste linke Rasterzelle wird als GridZell 1 definiert. Die unterste rechte Rasterzelle als letztes GridZell ausgewiesen. Damit lässt sich das Datenobjekt mit den minimalen und maximalen x- und y-Koordinaten und der Zellenlänge y und der Zellenlänge x beschreiben. Ein weiteres Datenobjekt bestimmt die Beziehung zwischen den nummerierten Rasterzellen und den Teilflächen. (LAV, 1997, Kapitel IV S. 52). Die Teilflächen sind hier wiederum die unterste Ebene des zu führenden Systems. Eine Teilfläche wird mit der gleichen Intensität eines Systeminputfaktors bewirtschaftet. Zahlreiche Gridzellen können hierbei den Teilflächen zugeordnet werden. Wie diese Datenob-

jekte mit den in Abbildung 12 und 13 vorgestellten Datenobjekten „Produkt-Messergebnisse“ und „Prozessdaten-Sollwertvorgabe“ verknüpft ist, geht aus der DIN 9684-5 nicht hervor. In Anhang A der vorliegenden Arbeit wird dennoch zur Veranschaulichung ein Beispiel gezeigt, wie Ortungsangaben in eine DTD nach LBS integriert werden können. Die Datei wurde mit Hilfe einer Exportfunktion der Software agrivision™ der Firma Dronningborg erstellt (Dronningborg, 1998, S. 16). Das geschilderte Defizit wird im Rahmen der ISO 11783 Teil 10 beseitigt. In einer Übersichtsdarstellung werden alle Datenobjekte mit ihren Beziehungen untereinander dargestellt (ISO, 2001, S. 29).

Im Projekt IKB Dürnast wurden ausgewählte Teile der DIN 9684 Teil 5 übernommen (Kapitel III). Dies sind die Informationen über GETY und POS und von Aktoren gemessene Systeminput- oder Systemoutputfaktoren. Da weder die Übergabe von x- und y-Koordinaten und weiterer GPS/DGPS-Informationen noch für viele Informationen von Anbaugeräten Vorgaben in diesem Teil der DIN gemacht werden, ist eine eigene Datenstruktur der Datentransferdatei erarbeitet worden. Diese ASCII-Datei ist an die Belange des IKB Dürnast ausgerichtet und stellt lediglich eine Diskussionsbasis für eine allgemeingültige Lösung des Datentransfers zwischen MIS und MPS für Precision Farming dar (siehe Kapitel III Abschnitt 2). Im Mittelpunkt der ersten Antragsphase des IKB Dürnast standen Rückmeldedateien vom MPS zum MIS. Anforderungen an die Struktur von Auftragsdateien wurden berücksichtigt, aber noch nicht bis zur Umsetzung realisiert. Bei der Planung von Auftragsdateien vom MIS zum MPS wurden, wegen der einfachen Umsetzung, Vorgaben des Rastermodells angewandt. Beim Fahrgassenmodell wäre eine Ortung über GPS/DGPS zwar nicht zwingend erforderlich, der Fahrer müsste sich jedoch strikt an die gemachten Fahrvorgaben halten.

3.2.2 Weitere Daten mit x, - und y- Koordinaten

Unter 2.7 wurde bereits besprochen, dass für die unterschiedlichen Bewirtschaftungsmaßnahmen bzw. Auswertungsmöglichkeiten verschiedenste teilflächenspezifische Informationen notwendig sind. Dies sind z.B. Bodenproben mit Messung der Gehalte verschiedener Nährstoffe oder dem pH-Wert vor einer teilflächenspezifischen Grunddüngung, Bestandesbonituren v.a. für Herbizidanwendungen, Abgrenzung markanter Teilflächen (sandige Kuppen, permanent feuchte Stellen) für potentielle Flächenstilllegungsflächen. Diese Informationen werden i.d.R. nicht von der mobilen Prozesstechnik erfasst. Aufgezeichnet werden können diese Informationen z. B. durch Pentops, die mit DGPS/GPS-Empfängern und einem GIS ausgestattet sind.

3.2.3 Nicht mit x- und y-Koordinaten verknüpfte Daten

Wichtige Informationen sind hierbei Wetterdaten, die in teilflächenspezifische Planungsmodelle einfließen, und Anbauverzeichnisse der zu betrachtenden Jahre.

Auch Informationen über die angeschlossene Wetterstation, den Betrieb, Schläge oder Teilschläge sind für die angestrebten Auswertungen notwendig.

3.3 Datenhaltung und Datenverarbeitung

Zu den Aufgaben eines MIS gehört es, Daten aufzunehmen und verrechnet zur Unterstützung von Managementaufgaben wieder abzugeben (siehe Abschnitt 1). Da beide Aufgaben i.d.R. zu unterschiedlichen Zeiten ablaufen, müssen Daten gehalten werden.

Daten können grundsätzlich in Dateisystemen und in Datenbanken gehalten werden. Dateisysteme werden in der Regel nur für einzelne Aufgabenstellungen aufgebaut. Für weitere Aufgabenstellungen müssen die z.T. gleichen Informationen anders geordnet, in einem anderen Dateisystem zusammengestellt werden. In Datenbanken werden Werte abgelegt, um unterschiedliche Aufgabenstellungen mit Informationen bedienen zu können (Bill, 1999, S. 302 f.). Heute sind hierfür relationale Datenbanken gängige Hilfsmittel (Erläuterungen siehe 3.3.1).

Bei der Bearbeitung und Haltung von Daten für Precision Farming sind Unterschiede je nach Datentypen zu beachten.

Bei Datentypen kann umgangssprachlich von „Sorte“ von Daten gesprochen werden. Die Datentypen legen fest, welche Operationen oder elementaren Algorithmen auf den Daten einer bestimmten Sorte erlaubt sind (Rembold und Levi, 1999, S. 81).

GIS verwendet andere Datentypen und somit mögliche Operationen und Algorithmen als Datentypen, die i.d.R. von relationalen Datenbanken unterstützt werden (siehe 3.3.2). Datentypen im GIS sind schwieriger zu beschreiben und erfordern einen erhöhten Aufwand um sie in Datenbanken abzuspeichern. Die Datenhaltung in einer einzigen „gesamtbetrieblichen Datenbank“ wird dadurch erschwert. Daher ist es üblich, zumindest Teile von GIS-Datentypen in Dateien bzw. Dateisystemen zu halten (Bill, 1999, S. 304). Die Haltung aller für ein Precision Farming-MIS notwendigen Informationen in einer Datenbank ist aber anzustreben. Hierbei müssen Werte nur einmal abgespeichert werden, was eine Datenredundanz vermeiden hilft. Dies fördert wiederum, dass sich nicht widersprechende Abfragen („Views“) auf diese eine Datenbank aufgebaut werden können (Datenkonsistenz). Um sich die Datenredundanz und

Datenkonsistenz beizubehalten sind einige Regeln beim Aufbau von relationalen Datenbanken zu berücksichtigen (siehe 3.3.1).

Es gibt daher seit einigen Jahren Bestrebungen, GIS-Datentypen mit ihren möglichen Operationen und Algorithmen komplett mit anderen Datenverarbeitungs-komponenten in relationale Datenbanken zu integrieren (siehe Abschnitt 3.3.3).

3.3.1 Relationale Datenbanken

Das Datenbankmanagementsystem (DBMS) ist als reine Software zu verstehen. Das DBMS hat die Aufgabe, Daten zu verwalten. Wichtig ist dabei, die Integrität der Daten sicher zu stellen. Integrität bedeutet, dass keine widersprüchlichen Daten in eine Datenbank abgelegt werden können.

Unter Datenbank versteht man sowohl das DBMS als auch die gespeicherten Daten. Derzeit kommen hierbei verstärkt relationale Datenbank-Management-Systeme (RDBMS) zum Einsatz. Bei diesem System werden Daten in Tabellen abgespeichert. Damit das RDBMS die Integrität der Daten überwachen kann, sind Regeln beim Befüllen einer relationalen Datenbank zu beachten.

Die Tabellen bestehen bei einem RDBMS aus Zeilen (Datensatz, Tupel) und einer fest definierten Anzahl von Spalten (Attributen). Jede Tabelle besitzt einen Primärschlüssel, mit dem jede Zeile einer Tabelle eindeutig identifiziert werden kann. Werte einer oder mehrerer Spalten können als Primärschlüssel definiert werden. Werden mehrere Spalten als Primärschlüssel definiert, spricht man von einem Gesamtschlüssel. Verbindungen zwischen Tabellen können erstellt werden, wenn der Primärschlüssel der ersten Tabelle auch als Fremdschlüssel in der zweiten Tabelle verwendet wird (Sauer, 1994, S. 10 ff.). Um solche Datenbanken aufzubauen, ist wie folgt vorzugehen: Als erstes muss abgeklärt werden, welche Aufgabenstellungen zu bewältigen sind. Darauf sind datenbankeinheitliche Begriffe zu bilden. Die Attribute sind mit einem Datentyp und einer Dimension zu definieren. Gängige Datentypen sind „varchar“ (varying-length character string) für Texte mit nicht fest definierter Länge oder Ganzzahlen („smallinter“, „integer“) und Gleitkommazahlen („decimal“) für Zahlen. Bei Smallinteger können Ganzzahlen von -32768 bis 32767 dargestellt werden. Zur Darstellung werden 2 Byte benötigt. Beim Datentyp Integer sind Ganzzahlen von -2147483648 bis 2147483647 definiert. Es sind hierzu 4 Byte Speicherplatz notwendig (IBM, 2000, S. 5 ff.). Beim Datentyp Decimal ist durch Definition der Dimension festzulegen, wieviele Stellen einschließlich Nachkommastellen maximal in ihm abgebildet werden können (Oehm, 1992, S. 52). Derartige Datentypen werden auch für den Datentransfer vom MPS zum MIS in der DIN 9684 Teil 5

beschrieben (siehe Abschnitt 3.2.1.2). Daten werden beim logischen Datenbankdesign, auch Datenmodellierung genannt, auf unterschiedliche Tabellen aufgeteilt. Bei diesem Vorgang sind nach CODD (1970, S. 377 ff.) „Normalisierungsregeln“ einzuhalten, um u.a. die Datenintegrität zu wahren. In der Praxis spielen folgende Normalisierungsregeln eine Rolle:

1. Normalisierungsregel: In jedem Kreuzungspunkt von Spalte und Zeile einer Tabelle ist höchstens ein Wert vorzufinden.
2. Normalisierungsregel: Alle Attribute müssen vollfunktional von dem Gesamt- oder Primärschlüssel abhängen.
3. Normalisierungsregel: Abhängigkeiten von Nicht-Schlüssel-Attributen sind zu beseitigen (Oehm, 1992, S. 53; Sauer, 1994, S. 193 ff.).

Zwischen den Tabellen und Tabelleninhalten bestehen Beziehungen (Relationen). Die Beziehungen können grundsätzlich vom Typ 1:1, 1:n oder n:n sein. Für n stehen hierbei Werte größer als 1. Eine 1:1 Beziehung ist z.B.: Mitarbeiter Müller (in der Tabelle MITARBEITER) fährt einen Firmenwagen (Tabelle FAHRZEUG). Die Beziehung, dass ein Chef (Tabelle VORGESETZTER) mehrere Mitarbeiter (in Tabelle MITARBEITER) beschäftigt, ist ein Beispiel für eine 1:n Beziehung zwischen den Tabellen. Dass verschiedene Personen (Tabelle MITARBEITER) auf unterschiedliche Rechner (Tabelle RECHNER) zugreifen können, sei als Beispiel für eine n:n Beziehung verwendet (nach Stahlknecht und Hasenkamp, 1999, S. 188 f.; Blönnigen, 1990, S. 41).

Bei der Datenmodellierung kann nach Bottom-Up oder Top-Down vorgegangen werden. Bei der Bottom-Up-Methode werden zuerst die interessanten Attribute aus der realen Welt ausgewählt und diese Attribute nach den Normalisierungsregeln zu den jeweiligen Relationen kombiniert. Bei Top-Down werden zuerst Hauptgruppen, sogenannte Entities, gebildet. In einem zweiten Schritt werden dann deren Beziehungen (Relationship) zueinander festgelegt. Durch das von CHEN (1976) definierte Entity-Relationship-Modell (ER-Modell) ist es möglich, das Datenbankdesign auf unterschiedlichen Aggregationsniveaus zu beschreiben (Sauer, 1994, S. 203). Alle Attribute einer Tabelle mit ihren jeweiligen Datentypen und etwaigen Dimensionen werden aber nicht aufgeführt. Diese müssen außerhalb des Entity-Relationship-Modelles beschrieben werden.

Durch CODD (1970, S. 377 ff.) wurden Operationen wie Zeilenselektion, Spaltenselektion und Schnittmenge mehrerer Tabellen auf Datenbankobjekten definiert und umgesetzt. Durch Datenbankabfragesprachen wie SQL (Structured Query Language) können Operationen wie

das Errechnen von Summen oder Durchschnitten für aus Tabellen abgefragte Werte durchgeführt werden. In Programmen können SQL-Befehle eingebettet werden (embedded SQL). Damit können SQL-Befehle automatisiert aneinandergereiht werden.

3.3.2 Geo-Informationssysteme (GIS)

3.3.2.1 Grundsätzliches

„Ein Geo-Informationssystem ist ein rechnergestütztes System, das aus Hardware, Software, Daten und den Anwendungen besteht. Mit ihm können raumbezogene Daten digital erfasst und redigiert, gespeichert und reorganisiert, modelliert und analysiert sowie alphanumerisch und graphisch präsentiert werden“ (Bill, 1999, S. 4). Die bedeutendsten Datentypen sind bei GIS Vektordaten, Rasterdaten und diesen angefügte Sachdaten. Vektordaten haben den Vorteil, wenig Speicherplatz zu benötigen, sind aber vom Dateiaufbau kompliziert. Rasterdaten hingegen haben einen einfachen Dateiaufbau, benötigen i.d.R. aber für die gleiche Informationsdarstellung mehr Speicherplatz als Vektordaten. Hybride GIS sind in der Lage, Raster- und Vektordaten gleichzeitig zu bearbeiten (Liebig, 1999, S. 17 f.; Bill, 1999, S. 18 ff.). Für landwirtschaftliche Belange finden vorrangig Vektordaten Verwendung, da hier oft mit einer hohen räumlichen Auflösung und damit verbundenem großen Speicherplatzbedarf der Daten gearbeitet wird. Der Marktführer Environmental Systems Research Institute (ESRI) verwendet „Shapes“ als Formate für Dateien. Shapes verwenden Vektordaten (Liebig, 1999, S. 30). Ein Shape besteht wegen der komplizierten Datentypstruktur aus bis zu 5 Einzeldateien, wobei die den Vektordaten angefügten Sachdaten in einer .dbf-Datei abgespeichert werden.

3.3.2.2 GIS-Datentypen

Die wichtigsten bei GIS verwendeten Vektordatentypen sind: Punkt, Linie und Polygone. Vektordaten verwenden Punkte als kleinste Informationseinheit. Jeder Vektorpunkt hat seine „spezifischen [x- und y-] Koordinaten“ (Ostheim, 2000, S. 14 f.). Die Koordinaten werden innerhalb eines Bezugssystems (Koordinatensystem) erhoben.

Der Datentyp Punkt ist hierbei definiert als „a 0-dimensional geometry and represents a single location in coordinate space. A point has a x-coordinate value and a y-coordinate value“.

Im Datentyp Linie werden die Obereinheit Linienfolge (LineString) als „curve with linear interpolation between points“ und die Untereinheit Linie (Line) als „LineString with exactly 2 points“ definiert. Hierbei ist eine Kurve (Curve) „a one-dimensional geometric object usually stored as a sequence of points, with the subtype of Curve specifying the form of the interpolation between points“.

Der Datentyp Polygon „is a planar Surface, defined by 1 exterior boundary and 0 or more interior boundaries“, wobei eine Oberfläche (Surface) als „a two-dimensional geometric object“ definiert wird (Open GIS, 1999, S. 2-2 ff.). Ein Polygon kann folglich mit seinen Eckpunkten beschrieben werden (Open GIS, 1999, S. 2-23; siehe Abbildung 14).

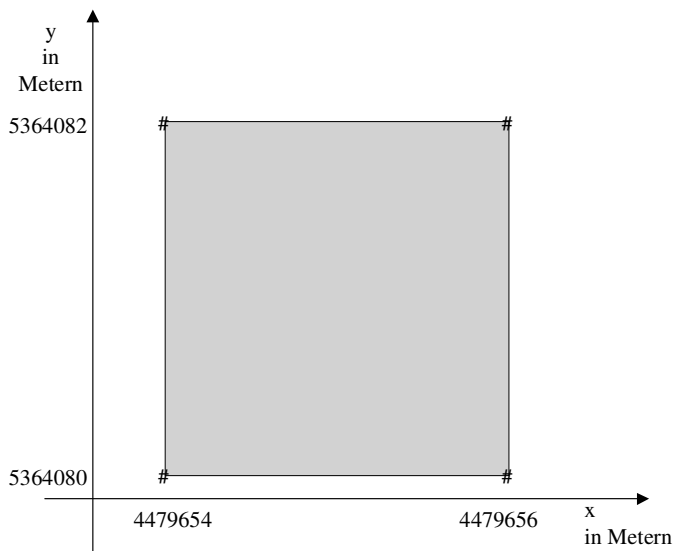


Abb. 14: Einfaches Beispiel für die Definition des Datentyps Polygon durch seine Eckpunkte

Im Gegensatz zu in relationalen Datenbanken gebräuchlicheren Datentypen müssen diese Datentypen mit mehreren Einzelinformationen beschrieben werden. Dieses verursacht Probleme mit der 1. Normalisierungsregel, die beim Datenbankdesign angewandt werden soll (siehe Abschnitt 3.3.1.). Ein Datentyp Punkt, als kleinste Informationseinheit benötigt z.B. mindestens eine Angabe zur x-Koordinate und eine Angabe zur y-Koordinate. Polygone müssen u.U.

mit einer Vielzahl von x- und y-Koordinaten beschrieben werden. Jede Information über ein einzelnes Polygon müsste der 1. Normalisierungsregel folgend z.B. in einer separaten Tabelle mit zwei Spalten für die x- und y-Koordinate abgelegt werden. Bei einer Ablage von unzähligen Polygonen, die sich bei einer unter Abschnitt 2.7.7 geforderten räumlichen Auflösung der Informationen im 1 m²-Bereich schnell ansammeln würden, müsste eine Unmenge von Tabellen im Rahmen der Datenbank definiert werden, was schnell zur Minderung der Datenbankperformance führen würde. Außerhalb einer Datenbank werden die Koordinaten z.B. beim ESRI Shape in der .shp-Datei abgespeichert.

3.3.2.3 Wichtige Verarbeitungsmöglichkeiten mit GIS-Datenypen

Eine wichtige Funktion ist die Transformation der x- und y-Koordinaten zwischen verschiedenen Koordinatensystemen. Module mit dieser Funktion sind nicht zwingend Bestandteil eines GIS, sondern auch als eigenständige Software verfügbar. GPS/DGPS-Ortungssignale mit ihren x- und y-Koordinaten und die damit verknüpften Daten der mobilen Prozesstechnik liegen meist im globalen Bezugssystem World Geodetic System 1984 (WGS84) vor. Im Gegensatz dazu verwenden digitalisierte Karten der Landesvermessungsbehörden eine Gauß-Krüger-Projektion – in Bayern wird dabei der 12° bzw. 15° Ost-Meridian als Bezugslinie für

den Rechtswert verwendet. Gegenseitige Umrechnungen sind deshalb erforderlich, um diese Datenschichten geographisch orientiert miteinander verbinden zu können (weitere Erläuterungen zu den Bezugssystemen in Ludowicy et al., 2002, S. 22 ff.).

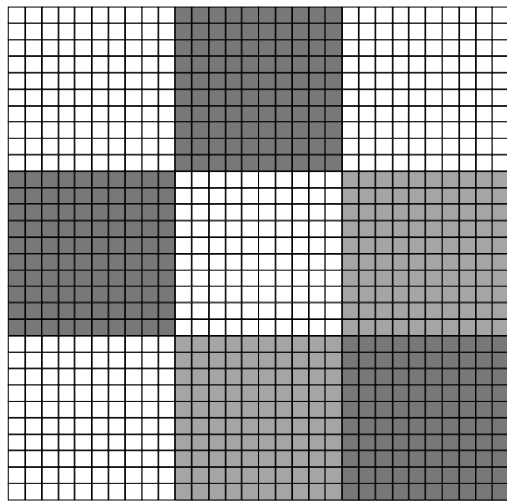


Abb. 15: Zuweisung von Informationen eines großen Polygons zu kleinen Polygonen mit Hilfe der Funktion der räumlichen Zuordnung

Besonders wichtig ist die Funktion der räumlichen Zuordnung („spatial join“) verschiedener Datenlagen zueinander. Somit können Attribute von Polygonen oder Linien denjenigen Polygonen, Linien oder Punkten zugeordnet werden, in welchen („within“) sie liegen (Bill, 1999, S. 146 ff.; Erläuterungen zur Funktion „within“: Open GIS, 1999, S. 2-17 f.; siehe Abbildung 15).

Eine weitere sehr wichtige Funktion innerhalb eines GIS ist die Überführung von Punktdaten in Aussagen über Flächen. Daten der mobilen Prozesstechnik liegen meist als x-, y- Koordinaten mit im Datensatz angehängten teilflächenspezifischen Informationen vor.

Sollen Punktdaten mit der räumlichen Dimension 0 mit weiteren Datenlagen verknüpft werden, sind diese in Polygone mit der räumlichen Dimension 2 zu überführen. Zwei Vorgehensweisen sind verbreitet:

- a) Im GIS werden durch eine Funktion Quadrate mit Datentyp Polygone mit einer vom Nutzer zu bestimmenden Kantenlänge gebildet. Durch eine räumliche Zuordnung können nun unterschiedliche Punkte mit ihren Sachdaten diesen Quadraten mit deren Sachdaten zugeordnet werden. Es wird der Durchschnitt der Sachdaten der Punkte, die sich in einem Quadrat befinden gebildet und der errechnete Wert als Sachdatum dem Polygon angefügt.
- b) Eine weitere Vorgehensweise sind Interpolationsverfahren. Kriging gilt derzeit dabei als bevorzugte Methode (Lamp et al., 1998, S. 26).

„Das Interpolationsverfahren Kriging ist ein geostatistisches Verfahren, das auf Grundlage der im theoretischen Variogramm“ oder der daraus abgeleiteten Kovarianzfunktion „beschriebenen räumlichen Zusammenhänge die räumliche Verteilung der betrachteten Daten schätzt“ (IfGI, 2002, S. 1).

Diese Methode ist definiert als:

$$z(u_0) = \sum_{i=1}^n v_i z(u_i) \quad (1)$$

wobei:

$z(u_0)$ zu ermittelnder Wert am Ort u_0

$z(u_i)$ gemessener Wert am Ort (u_i)

v_i Gewichtung der Schätzfunktion (Krige-Schätzer)

Die Gewichte v_i für die gemessenen Werte am Ort u_i für einen Punkt u_0 werden so bestimmt, dass

(aa) der Schätzfehler im Mittel gleich null ist ($E [F(u_0)] = 0$)

(bb) und gleichzeitig die Varianz des Schätzfehlers minimal ist:

$$\text{Var} [F(u_0)] = \min \{F(u_0), v_1, \dots, v_n\}.$$

Abgeleitet aus (aa) kann werden, dass $\sum_{i=1}^n v_i = 1$ (IfGI, 2002, S. 1 f.).

Beide Bedingungen werden durch ein lineares Gleichungssystem, dessen eindeutige Lösung die Gewichte des Krige-Schätzers sind, erfüllt:

$$\begin{matrix} & \mathbf{C} & & * & \mathbf{v} & = & \mathbf{D} \\ \left[\begin{array}{cccc} \tilde{C}_{1;1} & \dots & \tilde{C}_{1;n} & 1 \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ \tilde{C}_{n;1} & \dots & \tilde{C}_{n;n} & 1 \\ 1 & \dots & 1 & 0 \end{array} \right] & * & \left[\begin{array}{c} v_1 \\ \vdots \\ v_n \\ \mu \end{array} \right] & = & \left[\begin{array}{c} \tilde{C}_{1;0} \\ \vdots \\ \tilde{C}_{n;0} \\ 1 \end{array} \right] \end{matrix} \quad (2)$$

wobei:

$\tilde{C}_{i;j}$ Variogramm- bzw. Kovarianzwerte zweier Punkte i und j in Abhängigkeit von der Entfernung der Punkte zueinander mit $0 \leq i \leq n$ und $0 \leq j \leq n$. 0 kennzeichnet hierbei den zu berechnenden Punkt.

v_i zu ermittelnde Gewichte, mit welchen die gemessenen Werte $z(u_i)$ an den bekannten Orten u_i mit $1 \leq i \leq n$ zur Schätzung einbezogen werden sollen.

μ Lagrange Parameter. Dieser Parameter wird eingeführt, um $n+1$ Gleichungen mit $n+1$ Unbekannten aufstellen zu können (siehe Isaaks und Srivastava, 1989, S. 284 f.)

Für die Errechnung der Gewichte v_i und des Lagrange Parameters μ wird Formel (2) umgestellt:

$$\mathbf{v} = \mathbf{C}^{-1} * \mathbf{D} \quad (3)$$

Hierbei ist C^{-1} die Inverse der Matrix C (zur Berechnung siehe u.a. Ohse 1984, S. 169 ff.). „Dieses Gleichungssystem wird auch als „ordinary kriging system“ tituliert (Isaaks und Srivastava, 1989, S. 281 ff.; IfGI, 2002, S. 3).

Im Spaltenvektor D (siehe Formel 2 rechts) sind die Variogramm- bzw. Kovarianzwerte zwischen den zu schätzenden Wert und den in die Schätzung einbezogenen Nachbarwert gesammelt. Diese Werte „drücken den Zusammenhang zwischen den Nachbarwerten und dem zu schätzenden Wert aus. Dieser nimmt mit dem Abstand, je nach gewählten Variogramm stärker oder schwächer, ab“ (IfGI, S. 2002, S. 3). Die Variogramm- bzw. Kovarianzfunktion wurde zuvor aus den tatsächlich gemessenen Werten bekannter Punkte rund um den zu suchenden Punkt in Abhängigkeit zum Abstand um den zu suchenden Punkt errechnet. Dadurch werden, im Gegensatz zum Inverse-Distance-Verfahren, die gemessenen Werte um den zu bestimmenden Punkt bei der Gewichtung mit einbezogen. „Man hat also den geometrischen Abstand der Punkte im Untersuchungsgebiet durch einen statistischen ‚Abstand‘ (Ähnlichkeit) ersetzt“ (IfGI, 2002, S. 3 f.). Die Matrix C nimmt die Variogramm- bzw. Kovarianzwerte zwischen allen Nachbarwerten des zu schätzenden Wertes auf. „Liegen zwei Nachbarwerte nah beieinander, so ist ihr Variogrammwert klein, liegen sie weit voneinander entfernt, ist er groß“ (IfGI, 2002, S. 4). Durch Multiplikation der Inversen der Matrix C (siehe Formel 2 links) mit dem Spaltenvektor D (siehe Formel 2 rechts) werden „Cluster“ in den Nachbarpunkten erfasst. „Liegen Nachbarpunkte nah beieinander (liefern sie also für das Schätzen des nicht beobachteten Wertes teilweise redundante Informationen), so werden ihre Gewichte gesenkt und auf andere Nachbarwerte verteilt“. Auch hier ist zu beachten, dass „nah“ sich auf den durch das Variogramm bzw. Kovarianzfunktion bestimmten statistischen Abstand bezieht (nach IfGI, 2002, S. 4).

Wegen der Wichtigkeit der Funktion wird im Folgenden der Vorgang des Kriging näher erläutert. Durchgeführt wurde die Funktion im Rahmen der vorliegenden Arbeit mit der GIS-Software SS Toolbox von der Firma SST Development Group. Diese Software hat wiederum die auch eigenständig verfügbaren GIS-Produkte „Surfer“ der Firma Golden Software und ArcView von ESRI integriert. In Abbildung 16 wird die Benutzeroberfläche der Software SS Toolbox mit den Ausgangswerten gezeigt.

Die auf dem Schlag Schafhof, auch als S4 bezeichnet, punktuell erhobenen Werte für die nutzbare Feldkapazität (nfk) in mm sollen bestmöglich für Aussagen über den gesamten Schlag überführt werden.

In SS Toolbox kann unter der Rubrik „Input/Convert“ (siehe Abbildung 16 links oben) über „Convert to Surface“ die Kriging-Funktion aufgerufen und durch den Nutzer mit der Schalt-

fläche „Advanced“ eingestellt werden (siehe Abbildung 17). Mit der Einstellung „Cell Size“ wird die Anzahl der zu berechnenden Punkte festgelegt (siehe Abbildung 17 links oben). Für jedes 2m*2m Quadrat wird im Beispiel ein Wert aus den umliegenden gemessenen Punkten errechnet. Durch die „Search Options“ wird bestimmt, welche gemessenen Punkte für die zu berechnenden Werte herangezogen werden. Dies sind im Beispiel der Abbildung 17 rechts die 11 nächsten Punkte, die kreisförmig bis zu 265 Metern um den zu bestimmenden Punkt gesucht werden. „When in doubt, you should use the linear variogram model with the default Scale (C) and Length (A) parameters“ (C ist hierbei nicht mit der unter Formel 2 beschriebenen Matrix C zu verwechseln; Der Scale wird in Formel 4 als C_1 bezeichnet). Dies wurde im Beispiel so verwirklicht. Mit „No Drift“ als „Drift Type“ wird „ordinary kriging“ angewandt. Mit der Schaltfläche „Anisotropy“ können richtungsabhängige Einstellungen vorgenommen werden. Es wurde ein Wert für die „Ratio“ mit 1 gewählt, der keinen Gewichtungseinfluss erkennen ließ (siehe Abbildung 17 unten; Golden Software, 1998).

Das Ergebnis der Einstellungen zeigt Abbildung 18.

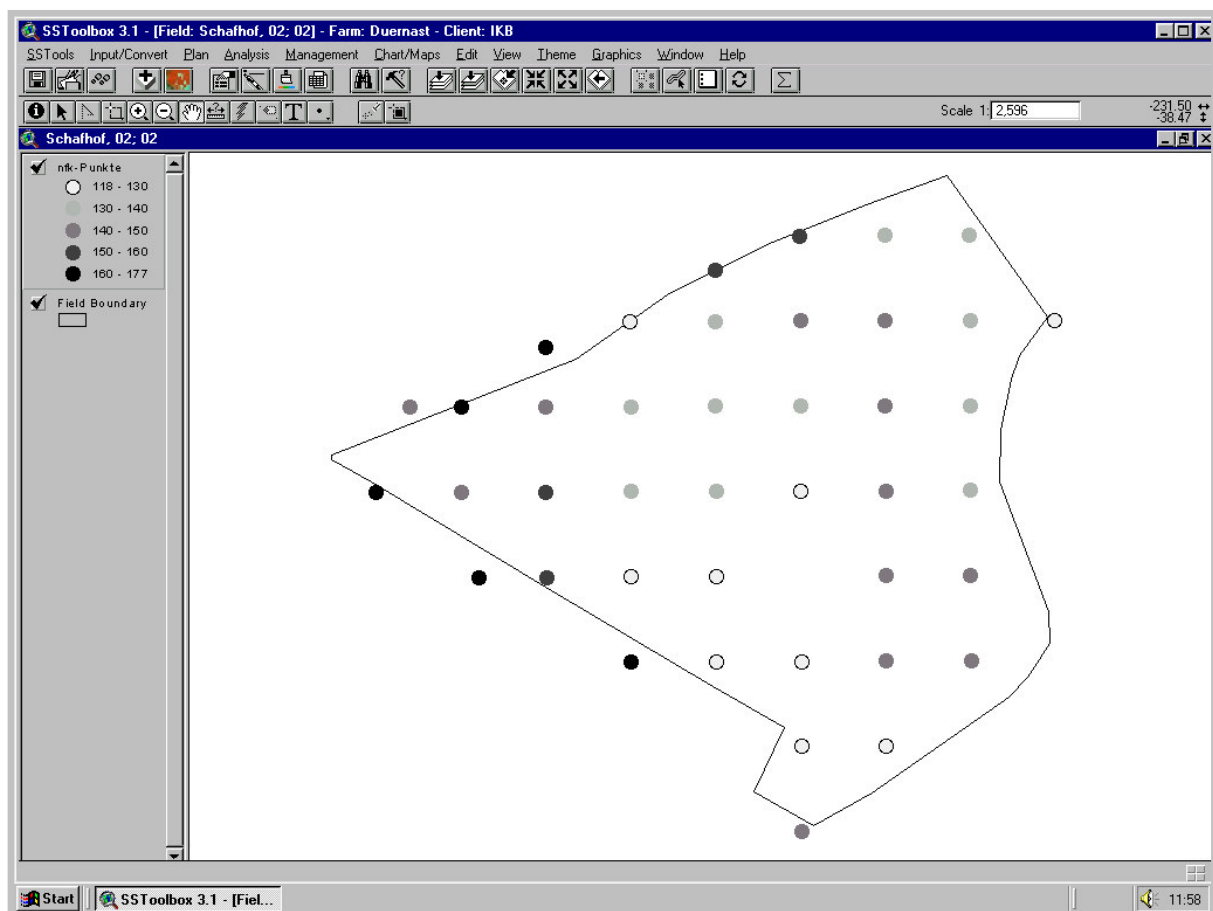


Abb. 16: Gemessene nkf-Punkte auf dem Schlag Schafhof visualisiert mit der GIS-Software SS Toolbox

Der Ablauf des Kriging wird nachfolgend anhand eines zu schätzenden Wertes für einen nicht gemessenen Punkt für die nutzbare Feldkapazität auf dem Feld Schafhof beispielhaft erläutert. Zuerst werden nach den Einstellungen von Abbildung 17 im Umkreis von 265 Metern die 11 nächsten Punkte für den zu schätzenden Punkt gesucht. Dies sind z.B. für den Punkt mit der x-Koordinate 4479572 und die y-Koordinate 5364089 die in Abbildung 19 aufgeführten georeferenzierten Punkte mit ihren gemessenen Werten. Der Punkt befindet sich in der nordwestlichen Ecke des Schlages Schafhof. In Tabelle 4 werden für diese 11 benachbarten gemessenen Punkte die Entfernungen zum zu schätzenden Punkt ermittelt. Zudem sind in Tabelle 5 die Entfernungen der 11 Punkte zueinander zusammengestellt.

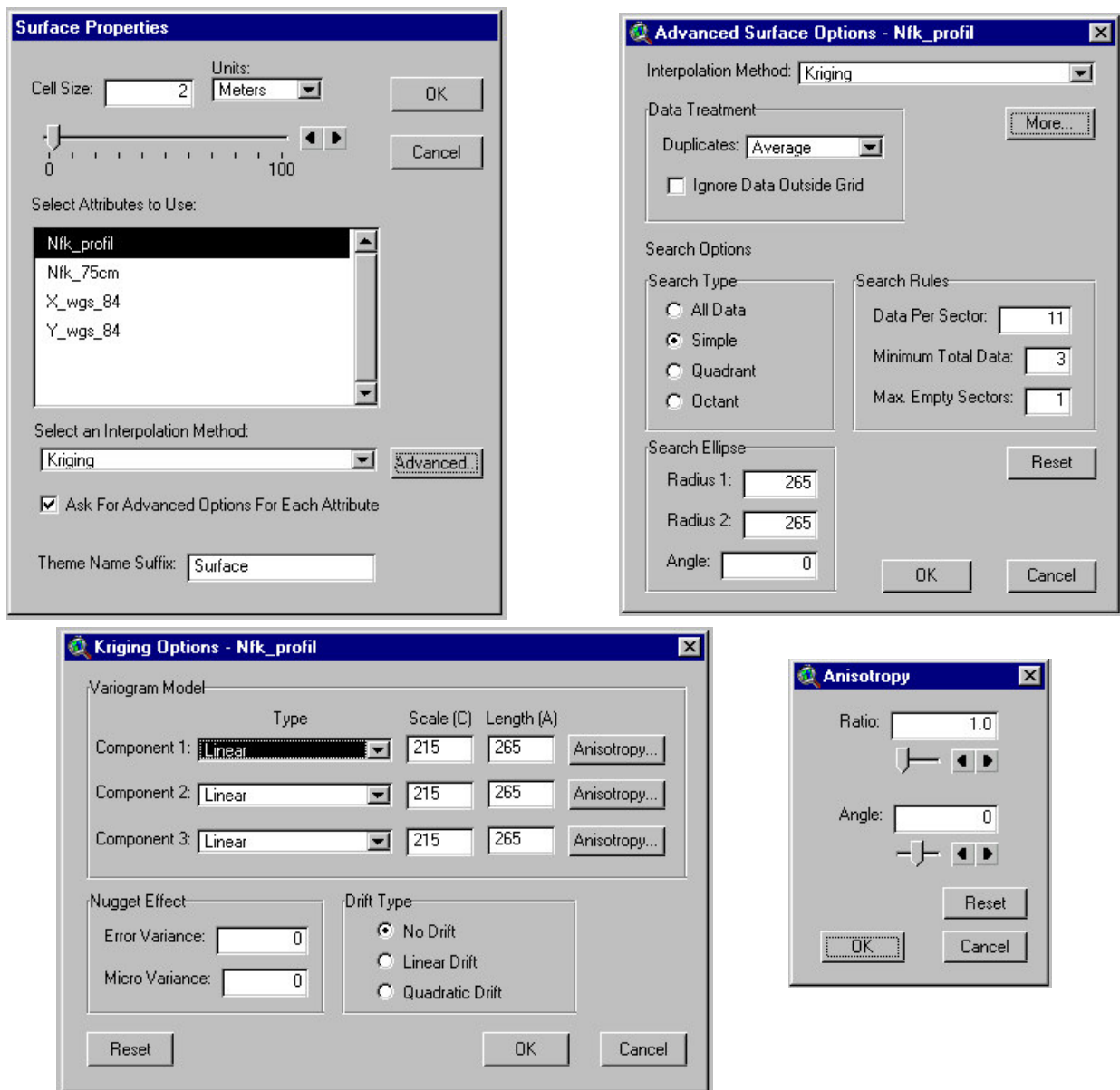


Abb. 17: Einstellmöglichkeiten bei Verwenden der Kriging-Funktion mit der GIS-Software SS Toolbox

Wie oben erläutert, muss zur Gewichtung der gemessenen Werte der benachbarten Punkte ein Variogramm bzw. eine Kovarianzfunktion ermittelt werden. Aufgrund der obigen Einstellun-

gen wird mit einem Variogramm nach Abbildung 20 kalkuliert. GIS-Software wie Surfer haben Tools, um aus den Ausgangsdaten derartige Funktionen automatisiert zu erstellen (Golden Software, 1998).

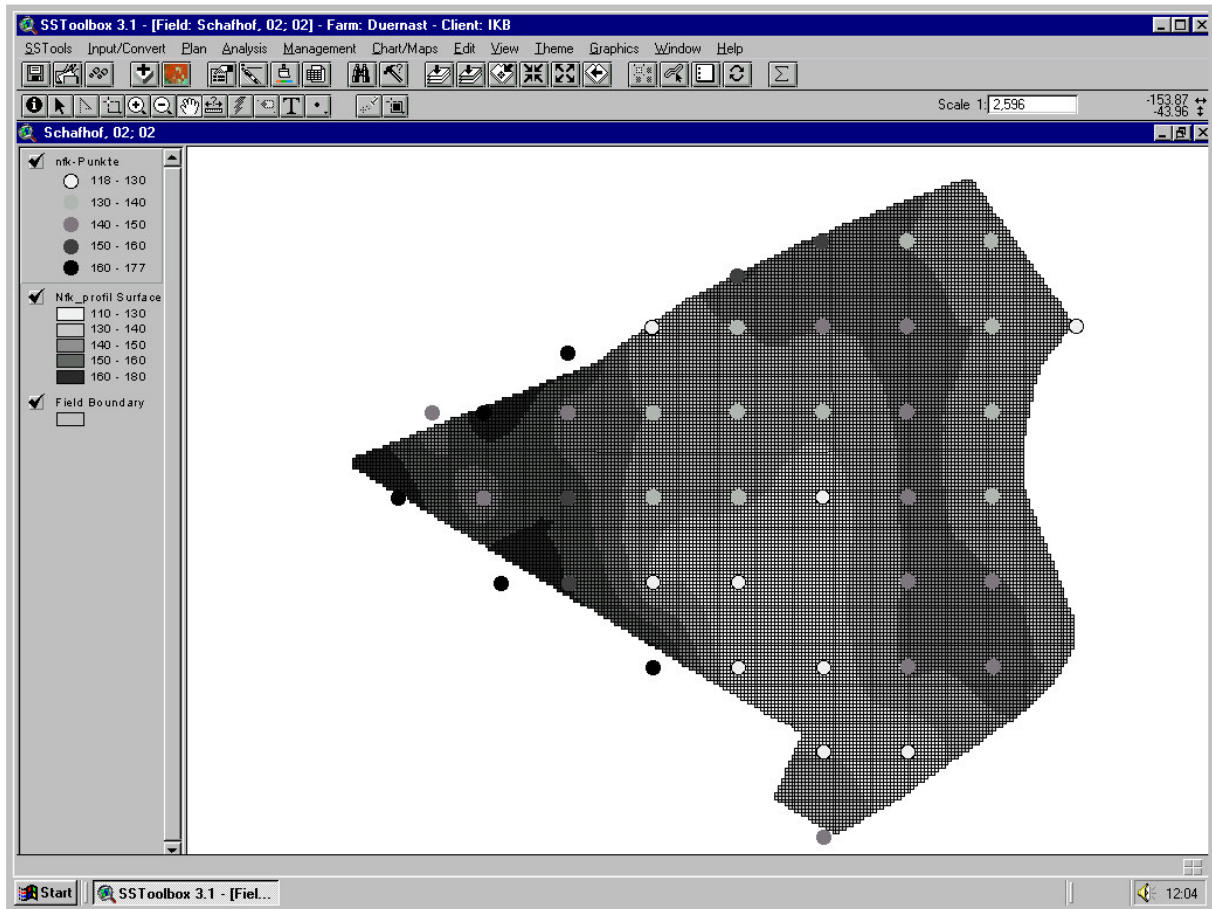


Abb. 18: Ergebnis der Kriging-Funktion für die nfk-Messpunkte auf dem Schlag Schafhof mit SS Toolbox. Zur Veranschaulichung werden zudem die Ausgangspunkte gezeigt.

Nummer des gemessenen Punktes	x	y	ermittelte nfk ($z(u_i)$)	Entfernung (d in m) zu x: 4479572 y: 5364089
1	4479650	5364135	172.1	66.8
2	4479570	5364100	142.1	28.9
3	4479600	5364100	170.4	7.3
4	4479650	5364100	140.8	52.5
5	4479700	5364100	140.0	102.2
6	4479550	5364050	169.7	64.4
7	4479600	5364050	140.6	43.0
8	4479650	5364050	158.4	67.5
9	4479700	5364050	133.7	110.7
10	4479610	5364000	176.2	93.8
11	4479650	5364000	159.6	106.6

Tab. 4: Koordinaten und nfk-Werte der 11 nächsten Punkte zum zu berechnenden Punkt mit den Koordinaten x: 4479572 und y: 5364089. Die Distanz d wird später in Formel 4 verwendet.

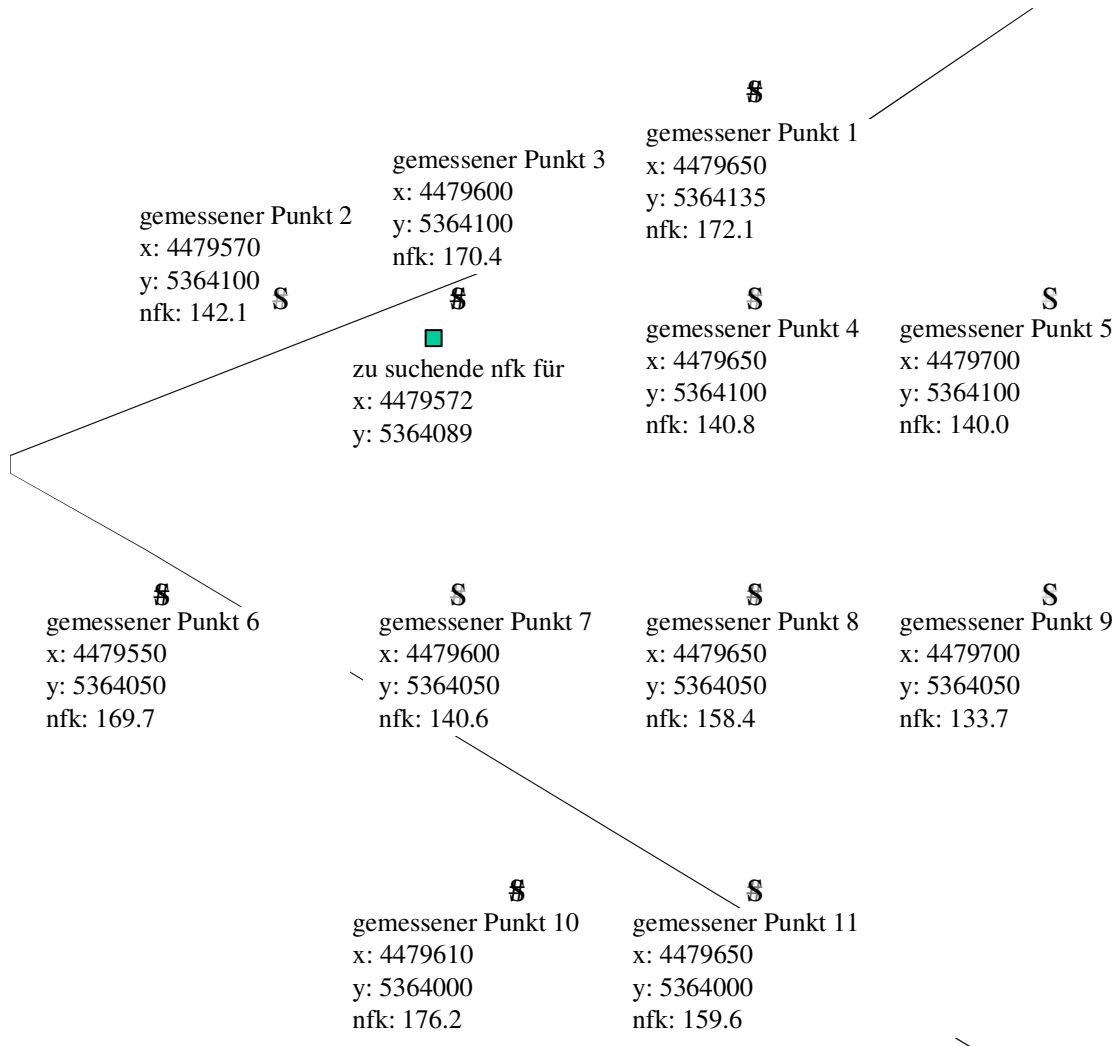


Abb. 19: Gemessene nfk-Punkte im Nordwesten des Schlags Schafhof. Für den Punkt mit den Koordinaten x: 4479572, y: 5364089 soll eine Schätzung für die nfk (in mm) nach Kriging errechnet werden. Im Hintergrund ist die Schlaggrenze visualisiert.

Nummer des gemessenen Punktes (i bzw. j)	Entfernung zwischen den gemessenen Punkten (d in m)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0.00	87.32	61.03	35.00	61.03	131.24	98.62	85.00	98.62	140.80	135.00
2	87.32	0.00	30.00	80.00	130.00	53.85	58.31	94.34	139.28	107.70	128.06
3	61.03	30.00	0.00	50.00	100.00	70.71	50.00	70.71	111.80	100.50	111.80
4	35.00	80.00	50.00	0.00	50.00	111.80	70.71	50.00	70.71	107.70	100.00
5	61.03	130.00	100.00	50.00	0.00	158.11	111.80	70.71	50.00	134.54	111.80
6	131.24	53.85	70.71	111.80	158.11	0.00	50.00	100.00	150.00	78.10	111.80
7	98.62	58.31	50.00	70.71	111.80	50.00	0.00	50.00	100.00	50.99	70.71
8	85.00	94.34	70.71	50.00	70.71	100.00	50.00	0.00	50.00	64.03	50.00
9	98.62	139.28	111.80	70.71	50.00	150.00	100.00	50.00	0.00	102.96	70.71
10	140.80	107.70	100.50	107.70	134.54	78.10	50.99	64.03	102.96	0.00	40.00
11	135.00	128.06	111.80	100.00	111.80	111.80	70.71	50.00	70.71	40.00	0.00

Tab. 5: Bestimmung aller möglichen Entfernungen zwischen den in der Nähe liegenden gemessenen Punkten. Die Distanz d wird später in Formel 4 verwendet

Zum besseren Verständnis müssen einige, mit Variogrammen zusammenhängende Begriffe näher erläutert werden (siehe auch Abbildung 20):

- C_0 wird als „Nugget“ bezeichnet. Hat der Benutzer wenig Vertrauen in einzelne Ausgangsdaten, soll ein hoher Nugget gewählt werden. Damit werden die Daten geglättet („smooth“). Da im vorhandenen Beispiel auf dem Schlag Schafhof die ermittelten Werte einzeln manuell erhoben und bestimmt wurden, wird auf den Nugget verzichtet. Dazu wurde in der Software SS Toolbox unter „SSTools“ (siehe Abbildung 16 links oben) – „Preferences“ auf „Category:Surfaces“ der „Smoothing level: None“ eingestellt. Zudem wurde unter „Nugget Effekt“ in Abbildung 17 sowohl die „Error Variance“ als auch die „Micro Variance“ auf 0 gesetzt.
- a , üblicherweise als „Range“ bezeichnet, wurde in der unteren Eingabemaske von Abbildung 17 der Wert 265 Meter zugeteilt. Bis zu dieser Entfernung wurden demzufolge Einflüsse auf den zu errechneten Wert festgestellt.
- C_0+C_1 wird als „Sill“ bezeichnet. Dies ist der Variogrammwert für sehr große Distanzen zum zu errechnenden Punkt. Der Wert entspricht dem Wert der Kovarianzfunktion bei der Entfernung 0 zum zu errechnenden Punkt (Isaaks, Srivastava, 1989, S. 292). Bei Surfer wird der Sill mit „Scale“ und dem Nugget definiert. Da der Nugget gleich 0 gesetzt wurde, ist in diesem Beispiel der Sill gleich dem Scale (C_1) mit dem Wert 215 (siehe Abbildung 17 untere Eingabemaske; Golden Software, 1998).

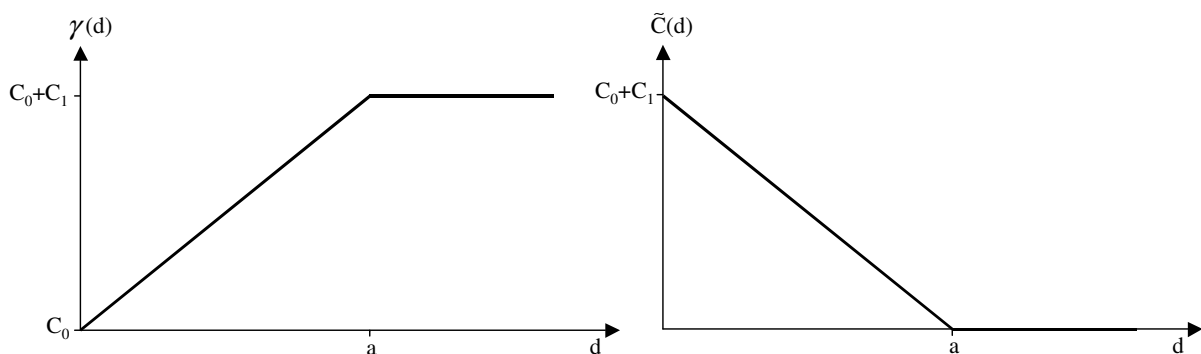


Abb. 20: Gewähltes Variogramm (links) mit entsprechender Kovarianzfunktion (rechts) nach Einstellungen aus Abbildung 17. $\gamma(d)$ ist hierbei die Varianz von Werten im Abstand d mit $\gamma(d) = \frac{1}{2} \text{Var}(z(u) - z(u+d))$.

$$\tilde{C}(d) = \begin{cases} (C_0+C_1) \cdot \left(1 - \frac{d}{a}\right) & \text{wenn } 0 \leq |d| \leq a \\ 0 & \text{wenn } |d| > a \end{cases} \quad (4)$$

In Abbildung 20 wurde demnach folgende Kovarianzfunktion gewählt:

wobei:

Zur Berechnung des Spaltenvektors D werden die aus Tabelle 4 errechneten Entfernungen der gewählten Punkte zum zu errechnenden Punkt verwendet (siehe Formel 2), um nach Formel 4 die dazu gehörigen Kovarianzwerte errechnen zu können.

$$D = \begin{bmatrix} \tilde{C}_{1;0} \\ \tilde{C}_{2;0} \\ \tilde{C}_{3;0} \\ \tilde{C}_{4;0} \\ \tilde{C}_{5;0} \\ \tilde{C}_{6;0} \\ \tilde{C}_{7;0} \\ \tilde{C}_{8;0} \\ \tilde{C}_{9;0} \\ \tilde{C}_{10;0} \\ \tilde{C}_{11;0} \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 214.66 \\ 214.96 \\ 214.89 \\ 214.70 \\ 214.52 \\ 214.83 \\ 214.82 \\ 214.67 \\ 214.50 \\ 214.63 \\ 214.55 \\ 1.00 \end{bmatrix} \quad (7)$$

wobei:

$\tilde{C}_{i;0}$ Kovarianzwert eines bekannten Punktes u_i mit $1 \leq i \leq 11$ zum zu berechnenden Punkt u_0

Nach Formel 3 ist zur Berechnung der Gewichte nach Kriging die Inverse der Matrix C zu berechnen. Dies ist in diesem Beispiel mit Hilfe der Funktion MINV (Matrix Inverse) des Tabellenkalkulationsprogrammes Excel der Firma Microsoft durchgeführt worden (Microsoft, 1998).

$$C^{-1} = \begin{bmatrix} 4.824 & -0.564 & -1.085 & -2.818 & -1.510 & 0.069 & 0.316 & 0.380 & 0.231 & 0.077 & 0.079 & 0.285 \\ -0.564 & 6.121 & -4.017 & 0.314 & 0.048 & -2.147 & -0.334 & 0.193 & 0.077 & 0.219 & 0.090 & 0.210 \\ -1.085 & -4.017 & 7.766 & -1.723 & 0.314 & 0.185 & -1.516 & -0.381 & 0.132 & 0.215 & 0.110 & -0.066 \\ -2.818 & 0.314 & -1.723 & 7.579 & -1.403 & 0.150 & -0.420 & -1.897 & -0.150 & 0.122 & 0.247 & -0.171 \\ -1.510 & 0.048 & 0.314 & -1.403 & 4.671 & 0.066 & 0.124 & -0.105 & -2.422 & 0.082 & 0.135 & 0.235 \\ 0.069 & -2.147 & 0.185 & 0.150 & 0.066 & 3.989 & -1.660 & 0.307 & 0.069 & -1.145 & 0.117 & 0.303 \\ 0.316 & -0.334 & -1.516 & -0.420 & 0.124 & -1.660 & 6.729 & -1.819 & 0.254 & -1.696 & 0.023 & -0.183 \\ 0.380 & 0.193 & -0.381 & -1.897 & -0.105 & 0.307 & -1.819 & 6.773 & -1.650 & -0.239 & -1.562 & -0.188 \\ 0.231 & 0.077 & 0.132 & -0.150 & -2.422 & 0.069 & 0.254 & -1.650 & 4.701 & 0.168 & -1.411 & 0.198 \\ 0.077 & 0.219 & 0.215 & 0.122 & 0.082 & -1.145 & -1.696 & -0.239 & 0.168 & 5.292 & -3.095 & 0.179 \\ 0.079 & 0.090 & 0.110 & 0.247 & 0.135 & 0.117 & 0.023 & -1.562 & -1.411 & -3.095 & 5.267 & 0.198 \\ 0.285 & 0.210 & -0.066 & -0.171 & 0.235 & 0.303 & -0.183 & -0.188 & 0.198 & 0.179 & 0.198 & -214.623 \end{bmatrix} \quad (8)$$

Schließlich werden nach Formel 3 die Gewichte der gemessenen Punkte für die Berechnung des zu suchenden Wertes am Ort mit der x-Koordinate 4479572 und der y-Koordinate 5364089 errechnet:

$$v = \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \\ v_4 \\ v_5 \\ v_6 \\ v_7 \\ v_8 \\ v_9 \\ v_{10} \\ v_{11} \\ \mu \end{bmatrix} = C^{-1} * D = \begin{bmatrix} -0.020 \\ 0.096 \\ 0.775 \\ 0.028 \\ -0.004 \\ 0.010 \\ 0.110 \\ 0.020 \\ -0.002 \\ -0.009 \\ -0.004 \\ 649.671 \end{bmatrix} \quad (9)$$

wobei:

v_i Gewichte, mit welchen die gemessenen Werte $z(u_i)$ an den bekannten Orten u_i mit $1 \leq i \leq 11$ zur Schätzung einbezogen werden

μ Lagrange Parameter (siehe Formel 2)

C^{-1} Inverse der Matrix C (siehe Formel 2 und 3)

D Spaltenvektor D aus Formel 2

Nach Formel 1 kann nun der Schätzwert für den gewählten Punkt errechnet werden. Hierzu werden die n_{fk} -Werte der gemessenen Punkte aus Tabelle 4 und die Gewichte aus Formel 9 übernommen:

$$z(u_0) = (-0.020 * 172.1) + (0.096 * 142.1) + (0.775 * 170.4) + (0.028 * 140.8) + (-0.004 * 140.0) + (0.010 * 169.7) + (0.110 * 140.6) + (0.020 * 158.4) + (-0.002 * 133.7) + (-0.009 * 176.2) + (-0.004 * 159.6) = 163.5 \text{ mm}$$

Bei der Software SS Toolbox wurde ein Wert von 164.4 mm errechnet. Weitere betrachtete Punkte brachten ebenfalls gute übereinstimmende Ergebnisse.

Gründe, warum die Werte nicht exakt nachvollzogen werden können: Die Transformation von WGS84 in ein metrisches Koordinatensystem wie Gauß-Krüger, die SS Toolbox intern vorgenommen hat. Im Beispiel lagen die Ausgangsdaten der n_{fk} schon in Gauß-Krüger vor und mussten, da SS Toolbox nur Koordinaten in WGS84 einlesen kann, zuerst durch das Tool „Project“ der Software ArcInfo der Firma ESRI umgerechnet werden. Inwieweit der Wert 1 für die „Ratio“ doch einen Gewichtungseinfluss besessen hat, konnte nicht nachvollzogen werden.

Wie aus den Schilderungen entnommen werden kann, ist Kriging nur für punktuelle Aussagen bzw. sehr kleine Polygone geeignet. Für große Polygone wäre der Durchschnittswert errechnet aus den Sachdaten der zugehörigen Punkte angebracht.

Weitere wichtige Funktionen innerhalb eines GIS sind auch das Zuschneiden von Quadraten mit Datentyp Polygon an entsprechenden Schlaggrenzen (ebenfalls mit einem Datentyp Polygon), das Errechnen der Fläche eines Polygons und das Anfügen der x- und y- Koordinaten eines Polygons als Sachdaten. Hierbei werden die Koordinaten des Mittelpunkts eines Polygons berechnet (siehe Abbildung 21).

#	#	#	#	#	#
#	#	#	#	#	#
#	#	#	#	#	#
#	#	#	#	#	#
#	#	#	#	#	#

Abb. 21: Ermittlung des Mittelpunktes eines Polygons (graue Quadrate) und Anfügen der x- und y-Koordinaten (definieren die schwarzen Punkte) als Sachdaten der Polygone (Vorgang visualisiert im GIS)

3.3.3 Ansätze für eine gemeinsame Datenhaltung

Die Datenintegrität ist stark gefährdet, wenn mehrere Datenbestände unterhalten werden. Dies ist, wie geschildert, bei derzeitigen Precision Farming-Informationssystemen i.d.R. der Fall. Daten werden sowohl im Rahmen eines Geo-Informationssystems in eigenständigen Dateisystemen oder Datenbanken als auch in gängigen RDBMS gehalten. Heute wird auch das Datenmanagement von GIS-Datentypen und mit ihnen möglichen Operationen und Algorithmen (siehe Abschnitt 3.3.2.3) zunehmend gängigen relationalen DBMS zugemutet. Genutzt werden

für die Datenhaltung von GIS-Datentyp innerhalb von RDBMS BLOB's (Binary Large Objects) oder BULK-Dateien (unstrukturierte Datenströme). In BLOB's und BULK-Dateien können zahlreiche Einzelinformationen, wie z.B. mehrere Koordinaten, innerhalb von DBMS abgespeichert werden. Zudem noch GIS-Funktionen im Rahmen von RDBMS bewältigen zu können, ist derzeit noch nicht im klassischen Leistungsumfang relationaler DBMS inbegriffen (Bill, 1999, S. 305; Davis, 1998, S. 6). Sind DBMS mit derartigen Möglichkeiten ausgestattet, gibt es bei der Anwendung dennoch beachtenswerte Restriktionen. So können Funktionen eines herkömmlichen DBMS wie die Anweisung „select“ auf Spalten mit BLOB's nicht durchgeführt werden (IBM, 1998, S. 3).

3.4 Auswertungskomponenten

Im Forschungsprojekt IKB Dürnast steht ein Sensoransatz mit Kartenüberlagerung für Precision Farming-N-Düngemaßnahmen zwischen EC 30 und EC 55 im Mittelpunkt der Forschungstätigkeit. Das hierzu benötigte Planungsmodell wird erst in einigen Jahren nach Abschluss mehrjähriger Versuchsreihen realisiert auf die mobile Prozesstechnik übertragen werden. Derartige Modelle werden in Versuchsplanungen und –analysen evaluiert. Anforderungen an die Software des MIS und MPS, die derartige Expertensysteme stellen, sind schon jetzt im MIS zu berücksichtigen. Um dies zu erreichen, wird im Rahmen der vorliegenden Arbeit ein einfaches Expertensystem als Instrument der operationalen Planung im Rahmen des MIS entwickelt. Zudem soll eine Ist-Kostenrechnung, die auch auf Teilflächenebene Auswertungen zulässt, mit Daten der mobilen Prozesstechnik beliefert werden können.

3.4.1 Operationale Planung von N-Düngemaßnahmen mit einem „Sensor-Ansatz mit Kartenüberlagerung“ und deren Auswertung

Berechnungen zur Steuerung des Pflanzenbestandes durch Bewirtschaftungsmaßnahmen sind mit Schwierigkeiten verbunden (siehe Abschnitt 2.4.2). Besagtes trifft insbesondere auch auf die Planung einer teilflächenspezifischen N-Düngergabe zu. Pflanzen nehmen anorganisches, austauschbares Ammonium (NH_4^+) oder Nitrat (NO_3^-) auf. Organisch gebundener N ist hingegen nicht pflanzenverfügbar. Gesteuert werden kann die N-Aufnahme der Pflanzen durch N-Düngergaben in Form von Mineral- oder organischem Dünger. Der organische Dünger muss aber zuerst von Mikroorganismen mobilisiert werden, um pflanzenverfügbar zu sein (siehe Abbildung 22).

Das Ausmaß der Mobilisierung ist hierbei vom C/N-Verhältnis der organischen Substanz, dem pH-Wert, dem Wassergehalt, der Temperatur und von der Durchlüftung des Bodens abhängig. Auf einem Lössboden kann mit einer jährlichen Mineralisierung von 50-150 kg N/ha und Jahr ausgegangen werden. Dieser Wert stellt einen Nettobetrag dar, da Mikroorganismen durch Immobilisation auch N binden können. NH_4^+ wird durch Bakterien, Nitrosomonas und Nitrobacter, von Nitrit (NO_2^-) in Nitrat überführt. Dieser Vorgang ist stark von der Bodentemperatur und vom Boden-pH abhängig. Vor allem unter Staunässe wird durch weitere Mikroorganismen Nitrat zu gasförmigen molekularem Stickstoff oder zu Stickoxiden abgebaut. Durch diese Denitrifikation können unter mitteleuropäischen Verhältnissen N-Verluste von 20-30 kg N/ha und Jahr entstehen. Ausgewaschen wird v.a. Nitrat. Die Gefahr der Auswaschung ist besonders bei leicht wasserdurchlässigen Sandböden gegeben und beträgt bei die-

sen Böden im Mittel etwa 40 kg N/ha im Jahr. Vor allem aus ökologischer Sicht sind Denitrifikation und Auswaschung weitestmöglich einzuschränken. Es gilt daher, Pflanzen so weit wie möglich, den verschiedenen Entwicklungsstadien angepasst, mit Nährstoffen zu versorgen. Eine Überversorgung würde zu hohen Gehalten an Nitrat im Bodenwasser führen. Dadurch bestünde ständig die Gefahr von Denitrifikation und Auswaschung (Verband der Landwirtschaftsberater in Bayern, 1987, S. 87 ff.).

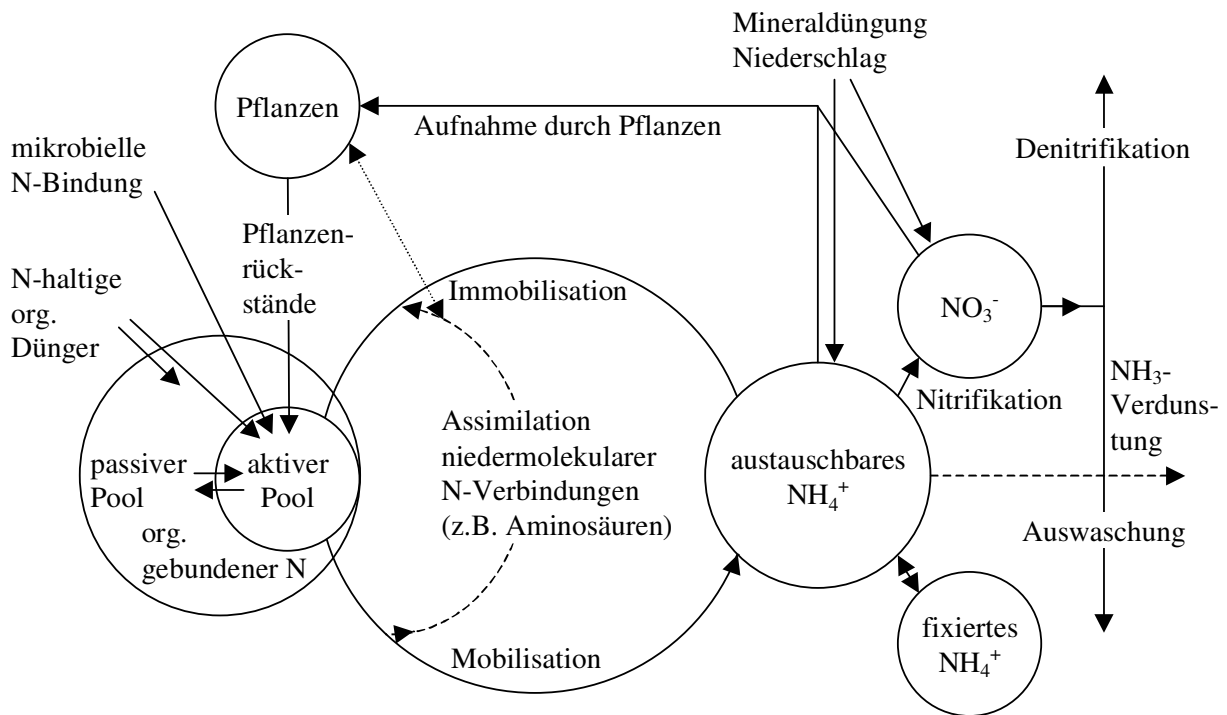


Abb. 22: Modell des landwirtschaftlichen N-Kreislaufs (Scheffer, Schachtschabel nach Jansson, 1989, S. 260)

Im IKB Dürnast werden teilflächenspezifische N-Strategien getestet, die auf Arbeiten am Lehrstuhl für Pflanzenbau und -züchtung der Technischen Universität München (TUM) basieren. Bei dieser Planungsmethode wird davon ausgegangen, dass bestimmte Ertragsniveaus nur erreicht werden können, wenn zu wichtigen Entwicklungsstadien der Pflanzenbestand genügend N aufgenommen hat (siehe Abbildung 23; Diepolder, 1994, S. 152). Zwei sehr wichtige Komponenten werden hierbei zur Berechnung einer angemessenen Düngegabe berücksichtigt:

- Die Kennzahl REIP („red edge inflection point“; siehe Formel 25 in Kapitel IV, Abschnitt 1.1), wird aus Reflexionsmessungen errechnet. Diese kann als Indikator dienen, um über die aktuelle N-Aufnahme des Pflanzenbestandes Auskunft zu geben (siehe Abbildung 23 hellgrauer Pfeil; „Sensor“-Bestandteil des Modells). Eine Abweichung von 1 nm des Soll-REIPs entspricht hierbei etwa einer Über- bzw. Unterversorgung

des Pflanzenbestandes von etwa 20 kg N/ha (Liebler et al., 2001, S. 937 ff.; siehe Kapitel IV Abschnitt 1.1).

- Ferner ist der zu erwartende Ertrag auf Teilflächenebene vor der jeweiligen Düngergabe zu prognostizieren (siehe Abbildung 23 dunkelgrauer Pfeil; „Map“-Bestandteil des Modells).

Damit wird das in Abbildung 22 beschriebene Modell nur in Teilbereichen berücksichtigt. Verfeinert werden könnte diese Strategie, die auf Arbeiten von DIEPOLDER (1994) basiert, durch Simulationsrechnungen des Boden-N-Kreislaufs (siehe z.B. Engel, 1991, S. 64 ff.). Desweiteren könnten Informationen über die aktuelle Wasserversorgung der Pflanzen in diese Strategie einfließen. Derartige Informationen können ebenfalls aus Reflexionsmessungen ermittelt werden. Der Zusammenhang wurde bisher nur unter Laborbedingungen erfolgreich erforscht (siehe u.a. Ruthenkolk et al., 2001, S. 392 f.). Eine derartige Information ist für Kalkulationen der Wahrscheinlichkeit, dass Wasser zum ertragslimitierenden Faktor wird, wichtig. Nicht zuletzt sind Reliefeigenschaften bei der Berechnung von teilflächenspezifischen N-Düngegaben von großer Bedeutung, da von N-Verlagerungen von Kuppen in Richtung Senken auszugehen ist (siehe Abb. 6.4-2 in Wenkel et al., 2002, S. 256).

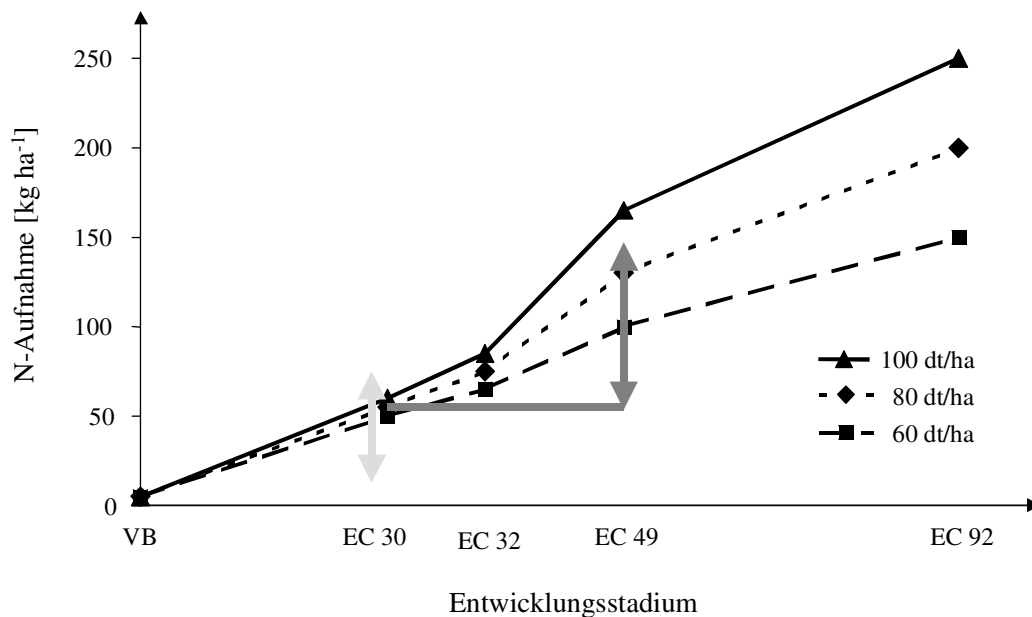


Abb. 23: Optimale N-Aufnahme bei unterschiedlich prognostizierten Ertragsniveaus (nach Diepolder, 1994, S. 152)

3.4.2 Ist-Kostenrechnung

Eine Komponente des MIS ist eine Kostenrechnung, die ebenfalls Auswertungen auf Teilflächenebene ermöglicht. Für diese Kostenrechnung sind relevante Informationen aufzubereiten. Benötigt werden Informationen über Zeit, Prozess (z.B. N-Düngung mineralisch), Ort (als unterste Einheit eine Teilfläche), Namen beteiligter Maschinen und Personen, Treibstoffbe-

zeichnung und -verbrauchsmenge, Applikationsgutbezeichnung und -verbrauchsmenge, Erntegutbezeichnung und -menge bei teilflächenspezifischen Bewirtschaftungsmaßnahmen (Augsburger, 2000, S. 18). Hierzu sind die Stammdaten der Kostenrechnung in der „gesamtbetrieblichen Datenbank“ hinterlegt. Die Ergebnisse der Kostenrechnung lassen sich in die „gesamtbetriebliche Datenbank“ integrieren und in einem GIS visualisieren (siehe Abbildung 9 oben).

3.5 Übertragung auf die mobile Prozesstechnik

Wie in Abschnitt 3.4.1 geschildert, müssen Planungsmodelle für Bewirtschaftungsmaßnahmen, insbesondere für eine N-Düngung durch einem Sensor-Ansatz mit Kartenüberlagerung, derzeit auf dem MIS getestet werden. Bei einer späteren Übertragung auf das MPS müssen z.B. in der DIN 9684 Teil 5 Anhang C definierte Navigationsmodelle Berücksichtigung finden. Als Navigationsmodelle sind an dieser Stelle der DIN Datenobjekte für ein Fahrgassenmodell und ein Rastermodell festgelegt worden.

Planungsmodelle haben meist entscheidungsunterstützenden Charakter. Der Landwirt oder Führer eines Schleppers oder Selbstfahrers ist Entscheidungsträger und muss deswegen auf dem stationären System bzw. auf der mobilen Prozesstechnik Korrekturmöglichkeiten für die errechneten teilflächenspezifischen Intensitäten haben. Systeme müssen dem Entscheidungsträger diese Korrekturmöglichkeiten eröffnen.

4 Zukünftige Verbesserungsmöglichkeiten für das MIS

Bei derzeitigen MIS kann sowohl auf GIS und weiteren Auswertungskomponenten mit unterschiedlichen Datenbanken oder Dateisystemen nicht verzichtet werden. Der Einsatz von Software, die GIS-Funktionen und RDBMS integriert, ist sehr teuer (Böttinger und Schwaiberger, 2000, S. 165 ff.; Schwaiberger, 2001, S. 209). Zudem erfordert der Einsatz von GIS für landwirtschaftliche Belange oft Spezialisten (Schwaiberger, 2000, S. 202).

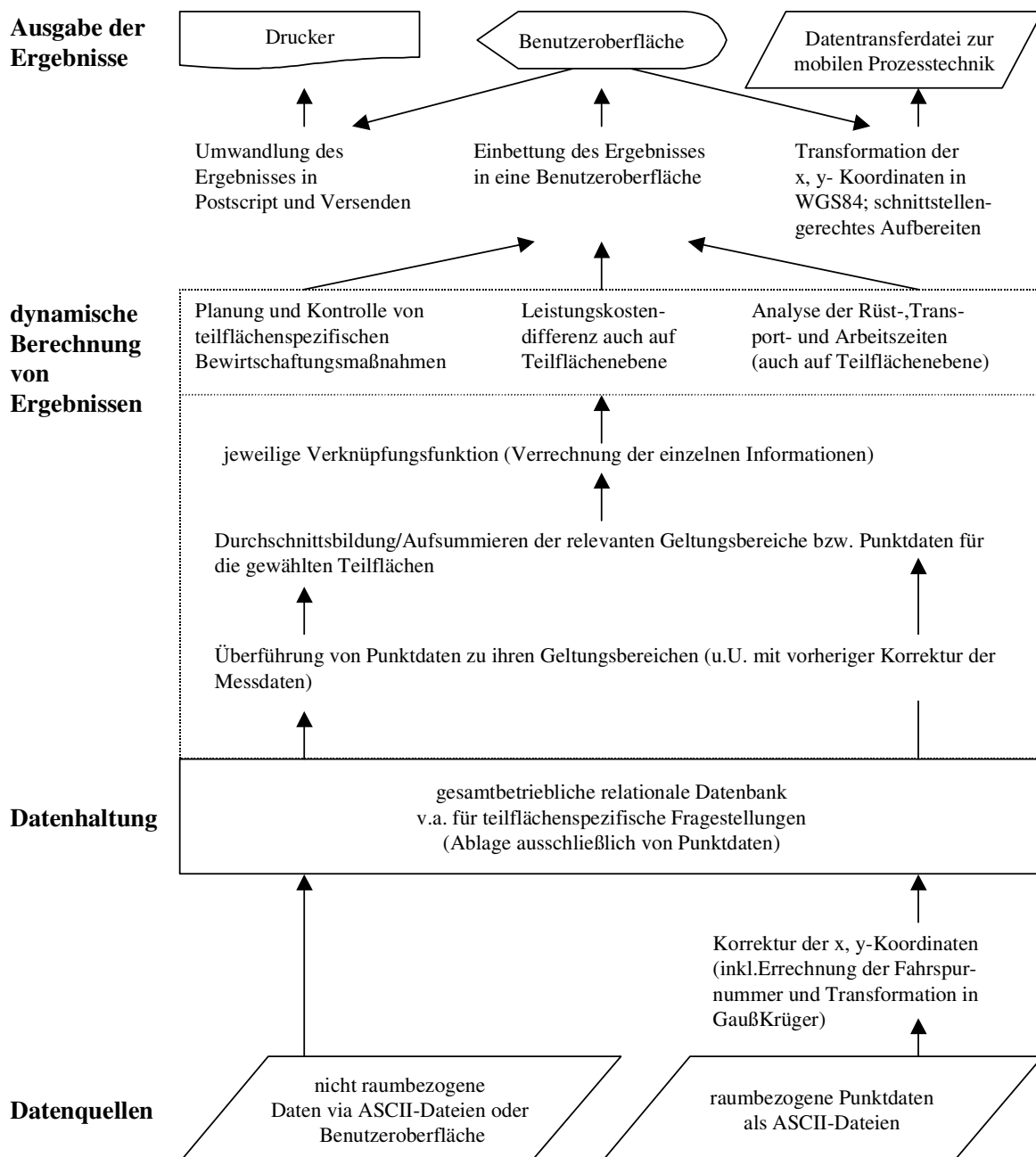


Abb. 24: Konzept für ein verbessertes Precision Farming-MIS

In einem verbesserten, zu entwickelnden Ansatz ist deswegen zu versuchen, alle relevanten Informationen in einer RDBMS unterzubringen und die wichtigsten GIS-Funktionen im Rahmen einer einzigen RDBMS zu integrieren (siehe Abbildung 18).

GIS-Datentypen wie z.B. Schlaggrenzen als Polygone werden mit mehreren Einzelinformationen beschrieben. Bei diesem Konzept sind deswegen derartige Daten in BLOBS (binary large Objects) innerhalb von RDBMS einzufügen (siehe Abschnitt 3.3.3; Bill, 1999, S. 304 f.). Punktdaten mit x- und y- Koordinaten können stattdessen einfach als Datentyp Dezimal in zwei Spalten einer Tabelle des RDBMS eingefügt werden.

Je nach Zielsetzung sind durch Funktionen Punktdaten dynamisch zu Teilschlägen zuzuordnen und das Ergebnis an Visualisierungstools zu übergeben.

Ziel ist ein äußerst kostengünstiges und gleichzeitig sehr benutzerfreundliches System aufzubauen.

Bei diesem Konzept sollen weitere, für landwirtschaftliche Belange wichtige Funktionen berücksichtigt werden:

Datensätze eines Tages, die bei teilflächenspezifischen Bewirtschaftungsmaßnahmen aufgenommen wurden, werden i.d.R. in einer separaten Datei abgelegt. Derzeitige Systeme können nicht unterscheiden, ob ein Schlag oder Teilschlag mehrmals innerhalb einer Tages bearbeitet wurde. Es sind deswegen Fahrgassennummern automatisch zu errechnen, anhand deren diese Unterscheidung vorgenommen werden kann.

Transportzeiten, die bis zu 60 % des Gesamtarbeitszeitbedarfes der pflanzlichen Produktion ausmachen können, sollen Schlägen zugeordnet werden. Die mit Kosten bewertete Zeit kann damit zu Pachtpreiskalkulationen verwendet werden. Zudem sollen Arbeitszeiten auf Teilflächenebene errechnet werden. Auf hängigen Teilflächen oder Teilflächen mit schwerem Boden ist mit einer deutlich überdurchschnittlichen Arbeitszeit zu rechnen. Diese Zeit mit Preisen bewertet kann für Pachtpreis- und Teilstillegungsfragestellungen herangezogen werden.

III Konzeptionelle Umsetzung

1 Überblick

Wie in den Abschnitten 3.3.2.2, 3.3.2.3 und 3.3.3 des Kapitels II ersichtlich, ist es schwierig, GIS-Datentypen und GIS-Funktionen mit weiteren Datenverarbeitungs-komponenten vollständig innerhalb einer einzigen RDBMS zu integrieren. Deswegen werden die Daten des MIS derzeit sowohl im Rahmen eines RDBMS als auch in einem Dateisystem für das GIS gehalten (siehe Abbildung 25). Teile der relevanten Informationen werden für die Aufnahme in das GIS in der Dateistruktur nach Schlag, Information und Jahr abgelegt. Hauptaugenmerk bei der Umsetzung des MIS lag auf dem logischen Datenbankdesign der entwickelten Datenbanken. Zur Erläuterung werden ER-Modelle herangezogen. Zudem werden die einzelnen Tabellen der Datenbanken näher vorgestellt. Belange des physischen Datenbankdesigns werden in dieser Arbeit nur am Rande angesprochen.

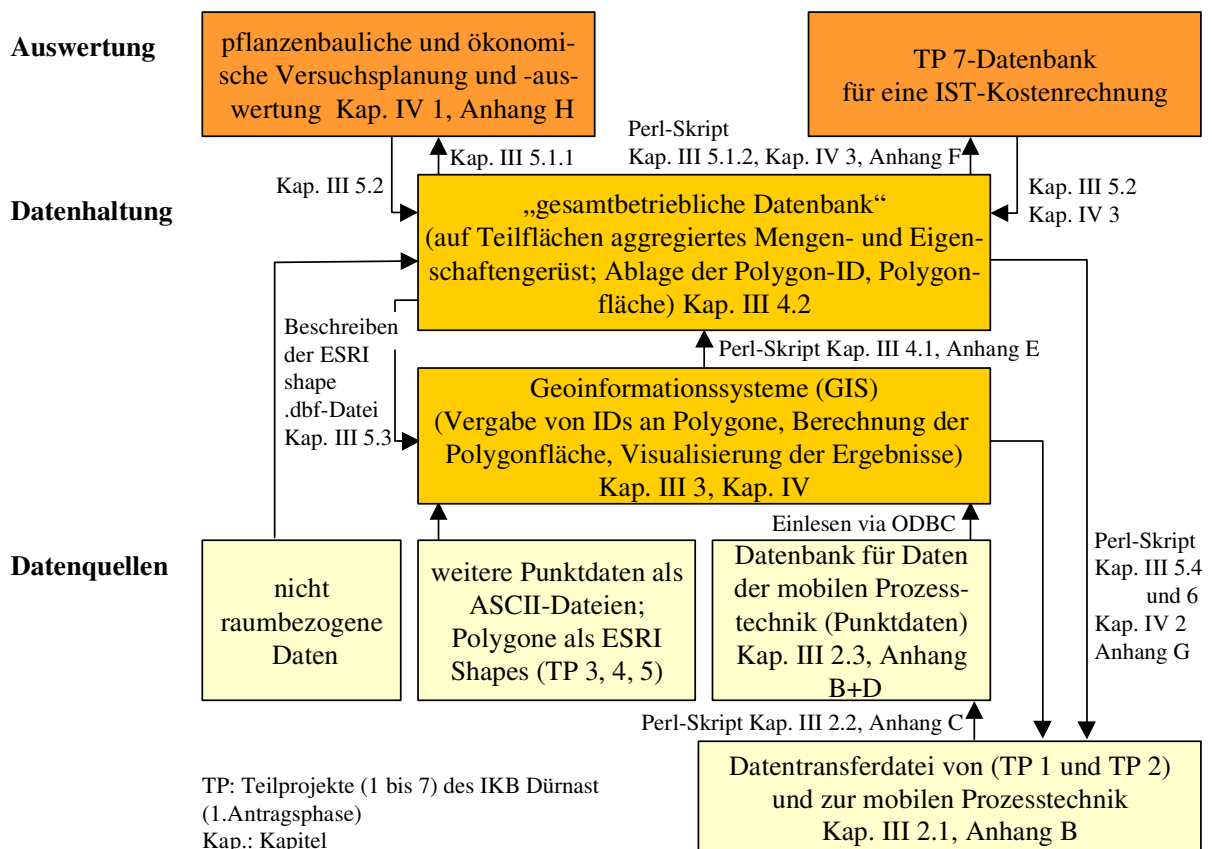


Abb. 25: Überblick über das derzeit realisierte MIS für Entscheidungen im Precision Farming. Die einzelnen Teilprojekte des IKB Dürnast werden kurz im Glossar vorgestellt.

In der 1. Antragsphase des IKB Dürnast ist noch kein wie in der Abbildung 9 oben dargestelltes, komponentenübergreifendes Auswertungstool vorgesehen. Informationen aus der Ist-Kostenrechnung und der Versuchsplanung und -auswertung werden derzeit ansatzweise in der gesamtbetrieblichen Datenbank zusammengeführt.

Wie unter 2.2.4 bereits erläutert, ist das Ziel des MIS einerseits, Daten für die Versuchsplanung und -auswertung und andererseits Daten zur Belieferung einer Ist-Kostenrechnung, die Auswertungen auch auf einer Teilfläche zulässt, bereit zu stellen. Zudem sind innerhalb des stationären Informationssystems erste Schritte für eine Automatisierung der Datenverrechnung auf der mobilen Prozesstechnik unternommen worden. Hierbei wurde exemplarisch eine GIS-Funktion im Rahmen der „gesamtbetrieblichen Datenbank“ umgesetzt. Dies war notwendig, um Rückschlüsse auf den Datentransfer vom MIS zum MPS ziehen zu können.

Wie auf einer theoretischen Ebene in Kapitel II Abschnitt 3.3.1 erläutert, wurden nach der Zieldefinition die benötigten Datenquellen ausfindig gemacht. In der Ist-Kostenrechnung werden ex post Deckungsbeiträge auf Teilflächenebene errechnet. In der Versuchsplanung und -auswertung sind die N-Effizienz und der N-Saldo der teilflächenspezifischen Bewirtschaftungsweise zu kalkulieren. Zur Planung sind Instrumente zu entwickeln (Expertensysteme, Simulationen), die durch Versuchsanordnungen getestet werden. Bei den Datenquellen können in Bezug zur räumlichen Dimension unterschieden werden:

- nicht raumbezogene Daten,
- raumbezogene Daten der mobilen Prozesstechnik und
- weitere raumbezogene Daten.

Nicht raumbezogene Daten besitzen nach dieser Einteilung keine x- und y- Koordinaten als Ortsangaben. Dies sind z.B. Informationen über Anbaupläne oder Wetterdaten. Wichtige raumbezogene Daten des MPS sind Ertragsmessdaten, Angaben zur Feuchte des Erntegutes und über weitere Intensitäten bei Bewirtschaftungsmaßnahmen. Weitere entscheidende raumbezogene Daten sind Schlag- oder Teilschlaggrenzen die im Datentyp Polygon vorliegen. Vor allem diese Daten werden als ESRI Shape in einer Dateistruktur abgelegt, um sie dann ins GIS einzulesen und zu verarbeiten. Der Großteil der Daten wurde mit einem RDBMS in einer Datenbank für Daten der mobilen Prozesstechnik (IMPORTDB) und einer „gesamtbetrieblichen Datenbank“ (GESABEDB) gespeichert. Verwendet wurde aufgrund des großen Datenanfalls die Datenbank DB2 der International Business Machines Corporation (IBM). Daten werden mit Hilfe von Skripten in die Datenbanken ein- und ausgelesen. Zudem müssen diese Skripten Abfragen aus Datenbanken, z.B. für die Schnittstelle zur Teilprojekt (TP) 7-Datenbank, aufbereiten. In diesem Teilprojekt wurde eine Kostenrechnung, die auch Auswer-

tungen auf Teilflächenebene zulässt entwickelt (genannt „Site-Specific Cost-Accounting“, SISCO). Zur Programmierung der Skripten wurde die eher prozessorientierte Programmiersprache Perl verwendet, da hier unterschiedlichste Dateiformate und Datentypen einfach bearbeitet und erstellt werden können. Softwarekomponenten dieser Programmiersprache für Datenbankverbindungen erfreuen sich zudem großer Verbreitung und sind kostenfrei auf dem Markt erhältlich (Hajji, 2000, S. 2 f.).

Bei den GIS-Programmen kamen die geläufigen Produkte ArcView und ArcInfo der Firma ESRI zum Einsatz. Zudem wurde die speziell für landwirtschaftliche Belange entwickelte GIS-Software SS Toolbox der Firma SST Development Group verwendet. Die Zusammenstellung relevanter Informationen und die Durchführung der noch einfach gestalteten Versuchsplanung und -auswertung wurden in Excel der Firma Microsoft vorgenommen.

2 Datentransfer von der mobilen Prozesstechnik in die IMPORTDB

2.1 Datentransferdatei von der mobilen Prozesstechnik

Wie unter Kapitel II 3.2.1.1 und 3.2.1.2 erläutert, können nur Teile der benötigten Informationen innerhalb der DIN 9684 übermittelt werden. Der Grund dafür ist, dass diese DIN nicht für alle mobilen Einheiten sondern nur für Traktor-Gerätekombinationen bestimmt ist. Ferner ist der Informationsaustausch von z.B. der ortsbezogen ermittelten Zugkraft, die im IKB Dürnast auf dem MPS erhoben wird, auf ein MIS innerhalb dieser DIN nicht vorgesehen.

Innerhalb des Projektes wurde beim Transfer von der mobilen Prozesstechnik deswegen mit einer einfach strukturierten ASCII-Datei anhand eines Semikolons (;) als Trenner der logischen Spalten und durch ein Komma (,) als Dezimaltrenner gearbeitet (Bereitstellung der Daten durch TP 2; z.B. Spangler und Auernhammer, 2000, S. 210 ff.; siehe Abbildung 25 unten rechts). Ein solches Format kann leicht in Tabellenkalkulationsprogramme eingelesen werden. Dateien mit diesem Format lassen sich zudem einfach, z.B. mit der Programmiersprache Perl und darin eingebetteten SQL-Befehlen, bearbeiten und in Datenbanken ablegen.

Der Rumpf der Transferdatei bleibt für alle Traktor-Gerätekombinationen gleich. Eingefügt werden müssen Angaben zum Arbeiter, Tagesteil, Erntegut und zur Kostenart (Stand September 2001). Die Angabe zum Arbeiter kann mittlerweile durch personalisierte PCMCIA-Karten automatisiert bewältigt werden. Jeder Arbeiter besitzt ein derartiges Übertragungsmedium, auf der in einer Datei beständig der Name des Arbeiters verzeichnet ist. Beim Übertrag in die IMPORTDB kann aus der Datei der Name dann automatisiert ausgelesen und in die entsprechenden Spalten der Datenbank abgelegt werden (Auernhammer, 2002, S. 40).

Die teilweise zuvor von TP 1 bearbeiteten Daten von Selbstfahrern mussten an dieses Schema verstärkt angepasst werden (zu Arbeiten von TP 1 siehe Steinmayr et al., 2001, S. 863 ff.; Steinmayr, 2002). Da kein eindeutiger Name für diese Maschinen transferiert wurde, mussten auch diese Informationen noch nachträglich hinzugefügt werden. Von diesen Systemen werden nur Informationen über den Ertrag bzw. über die Qualität des Erntegutes erhoben. Angaben wie bei den TP 2-Daten über benötigte Zeiten auf dem Feld auf dem Betrieb oder zum Transport werden von diesen Systemen nicht erhoben. Alle Informationen der Rückmeldedateien wurden in die IMPORTDB abgelegt, um keine Verluste für etwaige zukünftige Auswertungen hinnehmen zu müssen.

Die einzelnen Werte aller Rückmeldedateien von der mobilen Prozesstechnik mit Erklärungen werden im Anhang B bei der Besprechung der einzelnen Tabellen der IMPORTDB und in Abschnitt 2.3.2 erläutert.

Folgend werden die wichtigsten Teile der Dateien besprochen.

Die Datei einer Schlepper-Anbaugerätekombination besteht aus einem immer gleichbleibenden Teil mit allgemeinen Informationen und Traktorinformationen für den jeweiligen Traktor. Im folgenden Beispiel ist dies der im Betrieb eindeutig identifizierbare Traktor mit dem Namen „MB-Trac“. Als wichtige allgemeine Informationen sind Datum, Uhrzeit, x- und y-Koordinaten im Koordinatensystem World Geodetic System 84 (WGS84), Angaben zur Güte des GPS/DGPS-Signals und schon auf der mobilen Prozesstechnik vorgenommenen Zuweisung der Koordinaten zu Feldern, oder der Hofffläche eines Betriebes (im Beispiel Zuweisung der Koordinaten zum Feld „D1“). Können die Koordinaten weder einem Feld noch einer Hofffläche zugeteilt werden, werden sie der Kategorie „Transport“ zugewiesen. Auf dem MPS wurden hierzu die Feldgrenzen und die Hofffläche mit ihren jeweiligen minimalen und maximalen x- und y-Koordinaten hinterlegt. Dadurch ist es zumindest für MIS-Auswertungen auf Schlagebene möglich, auf ein GIS zu verzichten (Spangler, 2000, S. 37 ff.; Auernhammer und Rothmund, 2002, S. 447 ff.).

*31.5.2001;14:44:36;4824,3170;N;1141,7261;E;472,459991;0,900000;DGPS;field;
D1;... 13 allg. Informationen...;1;5;2;MB-Trac;... 15 Informationen zum Traktor...;*

Hierbei ist:

31.5.2001	Date: Datum (dd.(m)m.yy)
14:44:36	Time: Uhrzeit (hh:mm:ss)
4824,3170	Latitude: geographische Breite in Grad, Minuten und Dezimalminuten (DDMM,MMMM)
N	N/S: Richtung der geogr. Breite N: Nord, S: Süd
1141,7261	Longitude: geographische Länge in Grad, Minuten und Dezimalminuten (DDMM,MMMM)
E	E/W: Richtung der geographischen Länge W: West, E: Osten
472,459991	Altitude: Höhenangabe (Antennenhöhe)
0,900000	HDOP: Horizontal Dilution of Precision „Verschmutzung der Genauigkeit“
DGPS	Ob Koordinaten in GPS/DGPS aufgenommen werden
field	Es wird unterschieden in Zeit im Feld, auf dem Betrieb sonst Transport
D1	Bezeichnung des Feldes bzw. Betriebes
1	GETY des Traktors nach LBS 9864-3 (siehe Tabelle 1)
5	POS des Traktors nach LBS 9864-3 (siehe Tabelle 2)
2	Nummer des Traktors
MB-Trac	Name des Traktors (eindeutig im Betrieb)

Je nach Anbaugerät ist der zweite Teil der Datentransferdatei von der Traktor-Gerätekombination unterschiedlich. Folgendes Beispiel zeigt den Dateiteil für eine teilflächenspezifische Düngergabe mit einem Pneumatikdüngerstreuer, der durch den Namen „00060P1“ eindeutig im Betrieb Dürnast identifizierbar ist. Die wichtigsten übertragenen Informationen sind hierbei die Sollvorgabe der teilflächenspezifisch auszubringenden Düngermenge und die ausgebrachte Düngermenge.

5;0;3;00060P1; ...13 Informationen zum Gerät...;1850;1980;... 14 v.a. weitere

Informationen zum Gerät

Hierbei ist:

5	GETY des Anbaugerätes nach DIN 9864-3 (siehe Tabelle 1)
0	POS des Anbaugerätes nach DIN 9864-3 (siehe Tabelle 2)
3	Nummer des Anbaugerätes
00060P1	Bezeichnung des Anbaugerätes (eindeutig im Betrieb)
1850	Düngersollvorgabe in 100g/ha
1980	Ausgebrachte Düngermenge in 100g/ha

Bei Erntedaten musste eine verstärkte Anpassung vorgenommen werden. Den Datensätzen wurde bei der Aufbereitung ein eindeutig identifizierbarer Name wie „MFDVFlowc“, zugewiesen. Ein Wert 7 wurde für die GETY nach DIN 9684-3 vergeben, da Daten von Selbstfahrern, wie geschildert, nicht von dieser Norm erfasst werden.

Die wichtigsten Informationen, die im folgenden Beispiel gezeigt werden, sind neben Angaben zu Ort und Zeit, Angaben zur teilflächenspezifischen Erntemenge und der Feuchte des Erntegutes.

16.08.2001;1141,42394;E;4841,42394;N;7;MFDVFlowc;8,2;15,9

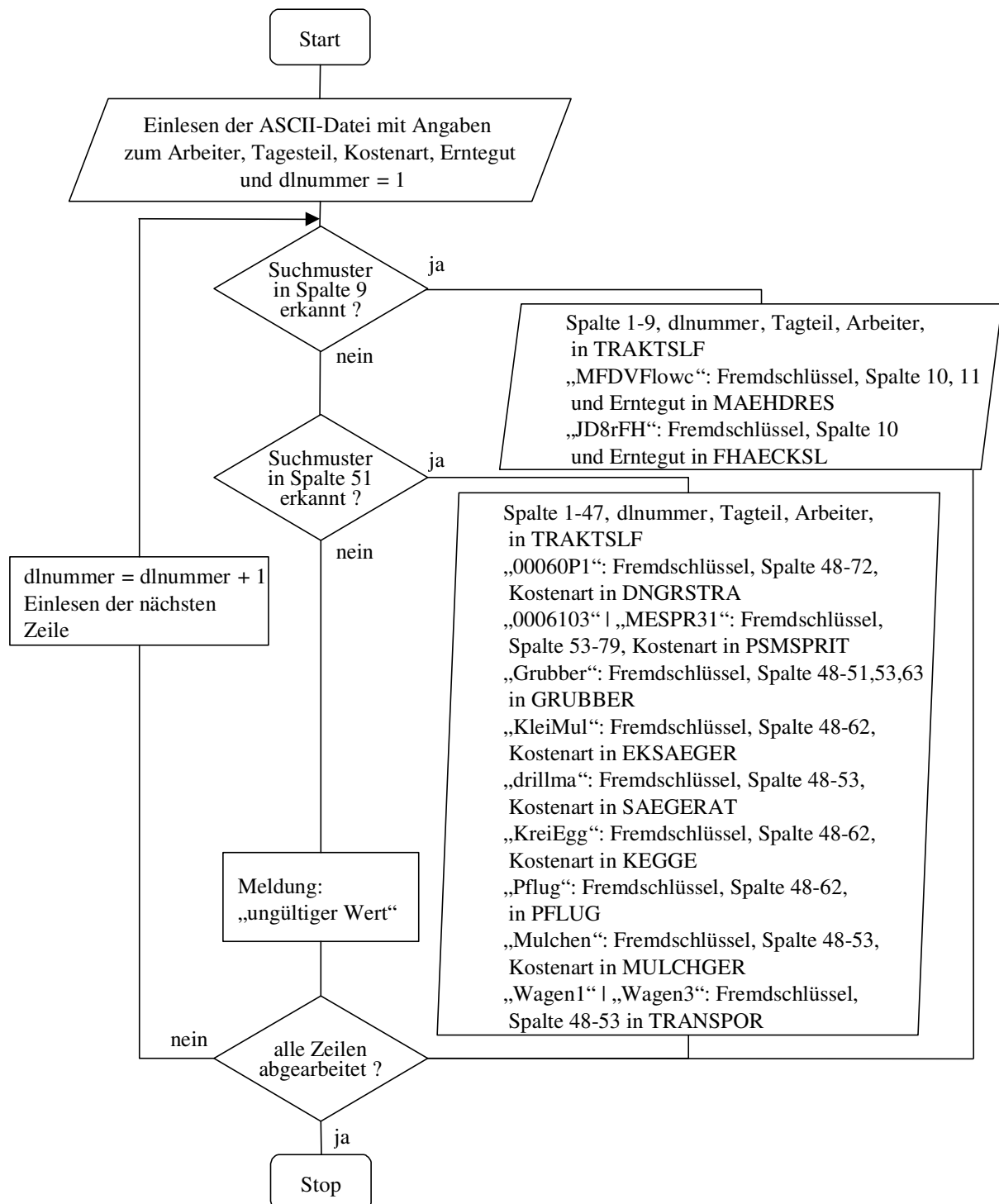
Hierbei ist:

16.08.2001	Datum (dd.mm.yy)
1141,42394	Geographische Länge in Grad, Minuten und Dezimalminuten (DDMM,MMMM)
E	Richtung der geographischen Länge W: West, E: Osten
4841,42394	Geographische Breite in Grad, Minuten und Dezimalminuten (DDMM,MMMM)
N	Richtung der geogr. Breite N: Nord, S: Süd
7	GETY nach DIN 9684-3 (7: Getreideernte; siehe Tabelle 1)
MFDVFlowc	Name des Selbstfahrers (eindeutig im Betrieb)
8,2	Ertrag in dt/ha
15,9	Feuchte des Erntegutes in %

2.2 Importskript in IMPORTDB

Durch ein Importskript werden die Daten der mobilen Prozesstechnik in die Datenbank IMPORTDB eingefügt (siehe Abbildung 25 rechts unten). Während des Imports der Daten des MPS werden Datum und Uhrzeit auf die Variablen Jahr, Monat, Tag, Stunde, Minute und Sekunde aufgeteilt (siehe Übersicht 1 oben).

Übers. 1: Programmablauf des Importskripts für Daten der mobilen Prozesstechnik in IMPORTDB



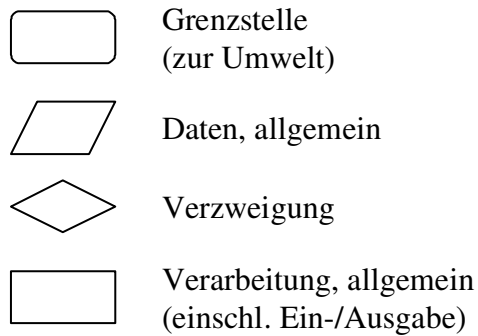


Abb. 26: Sinnbilder für Programmablaufpläne (nach Jamin und Brenneis, 1986, S. 150 ff.)

Wie aus Abschnitt 2.1 hervorgeht, befindet sich dann in der logischen Spalte 9 (z.B. „MFDVFlowc“) bei einem Selbstfahrer und in der logischen Spalte 51 (z.B. „00060P1“) bei einer Traktor-Gerätekombination jeweils ein eindeutig identifizierbarer Name in den gezeigten Rückmeldedateien von der mobilen Prozesstechnik.

Diese Information wird im Importskript dazu verwendet, allgemeine und Traktorinformationen in die

Tabelle Traktor/Selbstfahrer (TRAKTSLF) der IMPORTDB abzulegen. Je nach Namen werden spezielle Informationen des Selbstfahrers bzw. Anbaugerätes in die dazugehörigen Satellitentabellen geschrieben (siehe Übersicht 1 und Abbildung 26). Die jeweils im IKB Dürnast eindeutig verwendeten Namen sind im Programmablaufdiagramm ersichtlich. Diese Vorgehensweise der Aufteilung von Daten auf eine Zentraltabelle und entsprechenden Satellitentabellen wurde aus Arbeiten von ROTHMUND (2001) übernommen.

Die Information über Stunden, Minuten und Sekunden war im Rahmen des Projektes bei der Rückmeldedatei eines Selbstfahrers nicht verfügbar. Zudem ist es nicht ausgeschlossen, dass innerhalb einer Sekunde mehrere Datensätze erhoben werden. Deshalb ist die zusätzliche Information über Stunde, Minute und Sekunde als Bestandteil des Primärschlüssels bei einem gleichzeitigen Verzicht auf eine durchlaufende Nummer (dlnummer) nicht hinreichend.

Die dlnummer wird während des Imports in die IMPORTDB jedem Datensatz hinzugefügt. Der Tagesteil als Bestandteil des Primärschlüssels ist notwendig, da während eines Tages eine Teilfläche mehrmals überfahren werden kann. Dies geschieht zum Beispiel beim Grubbern oder Kreiselegen, da schwerere Böden bewusst öfters überfahren werden, um ein optimales Saatbeet zu bereiten. Auch beim Heuwenden ist ein mehrmaliges Befahren einer Teilfläche während eines Tages möglich. Informationen über die Uhrzeit und dem Ort durch die x- und y-Koordinaten reichen nicht aus, dies automatisiert zu erkennen. Erst wenn die punktuell erhobenen Daten sachgerecht in Flächenaussagen überführt würden, wäre eine automatische Erkennung dieses Sachverhaltes möglich. Trennkriterium kann hierbei eine automatisch zu ermittelnde Fahrgassennummer sein. Der Sachverhalt des doppelten Überfahrens einer Teilfläche kann derzeit noch nicht automatisiert gewonnen werden und ist manuell im Rahmen des Importskripts einzufügen.

Neben dem Tagesteil mussten bis zum September 2001, als die Arbeiten zum Einlesen in die IMPORTDB abgeschlossen wurden, weitere relevante Informationen über den ausführenden

Arbeiter, Kostenart und Bezeichnung des Erntegutes noch im Importskript angegeben werden (siehe Übersicht 1 oben).

Je nach Anbaugerät muss eine unterschiedliche Anzahl von Einzelinformationen in die Satellitentabelle eingelesen werden. So werden derzeit beim Düngerstreuen zahlreiche Informationen erhoben. Hier ist der Fremdschlüssel und die Spalten 48 bis 72 in die Tabelle Düngerstreuer (DNGRSTRA) einzulesen. Beim Mulchen werden nur wenige Einzelinformationen vom Gerät aufgenommen. So sind nur der Fremdschlüssel und die Spalten 48 bis 53 der Datentransferdatei in die Tabelle Mulchgerät (MULCHGER) einzufügen (siehe Übersicht 1 mitte).

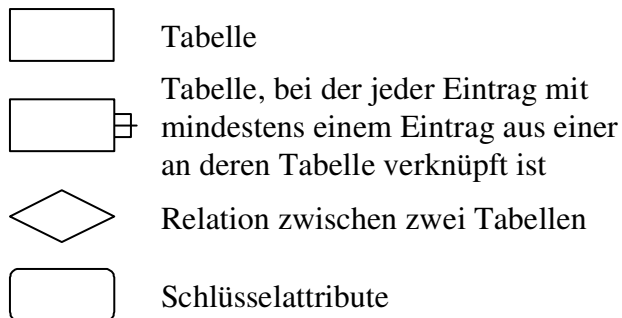
Das vollständige Skript ist in Anhang C aufgeführt.

2.3 Aufbau der Datenbank IMPORTDB

2.3.1 Übersicht

Bei der Erstellung der Datenbank für Daten der mobilen Prozesstechnik (IMPORTDB; siehe Abbildung 25 unten rechts) fanden die unter Kapitel II 3.3.1 aufgestellten Regeln Anwendung. Wie schon unter 2.2 erläutert, wird der Dateirumpf aller zu importierenden Datensätzen

in die Zentraltabelle Traktor/Selbstfahrer geschrieben.



Die spezifischen Informationen eines Anbaugerätes oder Selbstfahrers werden in die jeweiligen Satellitentabellen eingetragen. Die Satellitentabellen stehen mit der Zentraltabelle, wie unter 2.2 geschildert, über den Fremdschlüssel in Beziehung (siehe Übersicht 2 und Abbildung 27).

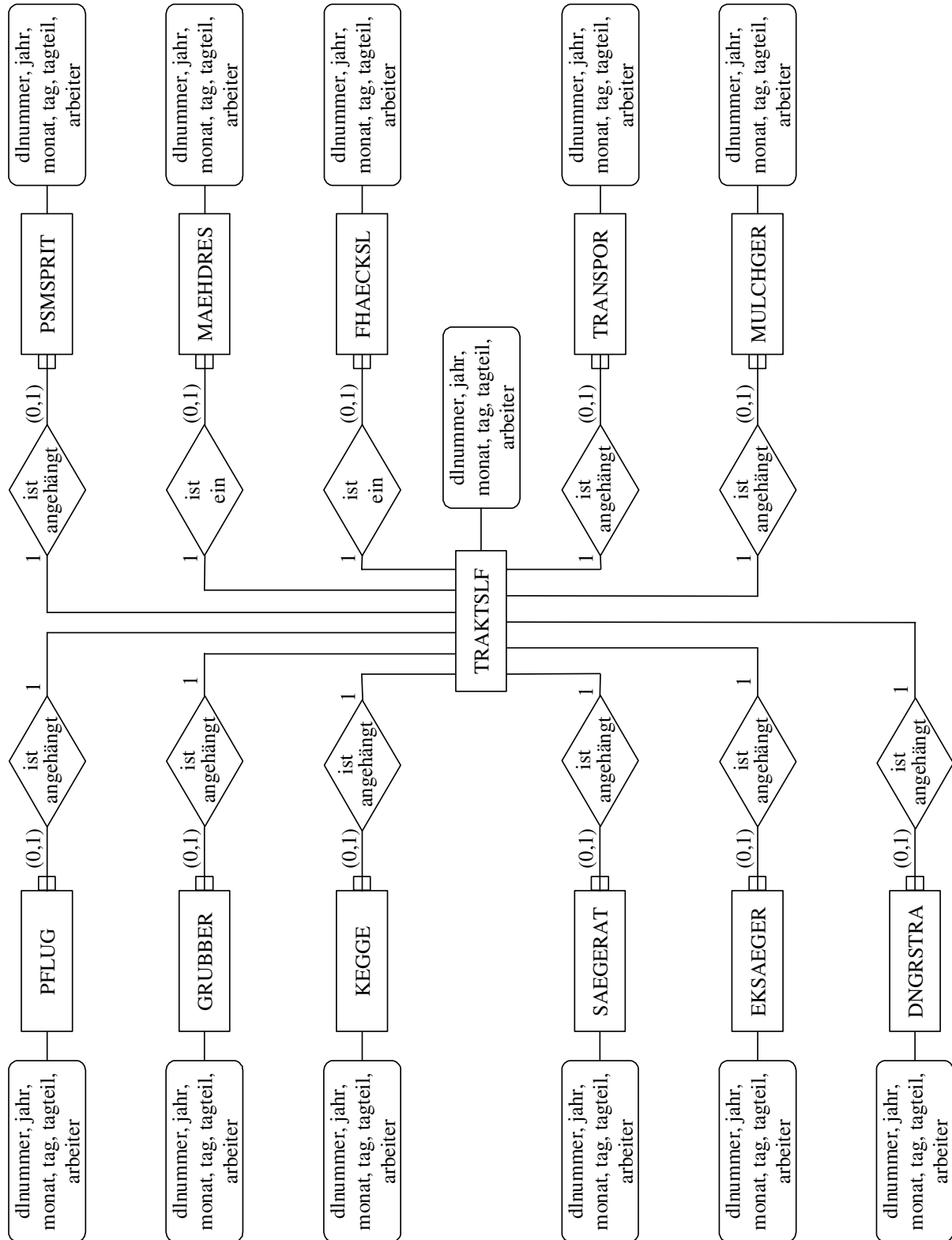
Abb. 27: Sinnbilder bei ER-Modellen (nach Stahlknecht und Hasenkamp, 1999, S. 190 ff.)

2.3.2 Die Tabellen im Einzelnen

Im Rahmen dieser Arbeit werden nur die Hauptinformationen von Anbaugeräten und Selbstfahrern besprochen. Alle derzeit von der mobilen Prozesstechnik im IKB Dürnast erhobenen Werte können aus dem Anhang B entnommen werden. Hier werden die Spalten aller Tabellen der IMPORTDB und damit alle einzelnen Daten der Rückmeldedateien definiert und erläu-

tert. Hinweise zur Darstellung der Tabellen werden im Abschnitt 4.2.2 für die gesamtbetriebliche Datenbank gegeben.

Übersicht 2: Datenbankstruktur von IMPORTDB mit einem ER-Modell dargestellt



Es werden z. B. beim Düngerstreuen 85 logische Spalten in die IMPORTDB gelesen. Wichtige Informationen sind hiervon beim Düngerstreuen z.B. die ausgebrachte Menge an Dünger

(measured application rate mit 100g /ha, kurz „meapraha“). Bei den selbstfahrendem Feldhäcksler und Mähdescher sind dies die jeweilige Menge des Erntegutes.

Relevante Spalten unterschiedlicher Tabellen der IMPORTDB werden zur Weiterverarbeitung im GIS in Views eingelesen. Dies geschieht für die derzeit 18 relevanten Spalten bei einer Düngermaßnahme mit dem View DUENGEN. Dieser View wird wie folgt durch einen SQL-Befehl durch Zusammenstellung von Informationen aus den Tabellen Traktor/Selbstfahrer (TRAKTSLF) und Düngerstreuer (DNGRSTRA) geschaffen:

```
Create view DUENGEN as select traktslf.dlnummer, traktslf.jahr, traktslf.monat, traktslf.tag,
traktslf.tagesteil, stunde, minute, sekunde, traktslf.arbeiter, longitud, latitude, hoehe, name1,
dngrstra.name, dngrstra.kostenart, dngrstra.meapraha, dngrstra.statstat, areaname
from traktslf, dngrstra
where traktslf.dlnummer = dngrstra.dlnummer and traktslf.jahr = dngrstra.jahr and
traktslf.monat = dngrstra.monat and traktslf.tag = dngrstra.tag and traktslf.tagesteil =
dngrstra.tagesteil
```

2.3.3 Datenumfang der automatischen Prozessdatenerfassung im Rahmen der IMPORTDB

Daten der mobilen Prozesstechnik wurden seit Beginn der Produktionsperiode 2000/2001 automatisiert erhoben. In die Datenbank IMPORTDB wurden bis Ende September 2001 über 1 Million Datensätze aus ursprünglich 51 Dateien mit den unter 2.2 geschilderten Ergänzungen eingelesen (siehe Anhang D rechts unten). Die in Anhang D aufgeführten Daten können nach KORDUAN (2001, S. 66 ff.) als „Metadaten“ bezeichnet werden. Die Notwendigkeit der automatisierten Erstellung von Metadaten ist wegen der Datenfülle v.a. für den überbetrieblichen Einsatz bei Precision Farming anzuraten. Für den hier vorliegenden betrieblichen Ansatz mit einer noch überschaubaren Datenmenge wird auf eine automatisierte Erstellung der Metadaten verzichtet.

Zur verbesserten Einschätzung des Datenanfalls werden in Tabelle 6 Beispieldatensätze für wichtige Bewirtschaftungsmaßnahmen näher analysiert und den diesbezüglichen Prognosen von WAGNER (1999b, S. 464 ff.) gegenüber gestellt.

Bei WAGNER (1999b) werden lediglich Prognosen für erwartete Datenumfänge in Byte pro Hektar und Jahr bei der Arbeitserledigung ermittelt (siehe Tabelle 6, Zeile 1-9). Bei den näher analysierten Datensätzen in den Zeilen 10-26 der Tabelle 6 werden hingegen auch Stand- und Wendezeiten auf dem Feld, zudem Transportzeiten und Zeiten, die auf der Hoffläche zuge-

bracht wurden, mit erfasst. Weiterhin wurde bei den tatsächlich ermittelten Datensätzen ein Speicherbedarf von 8 Byte je Attribut⁹ festgestellt, im Gegensatz zu den prognostizierten 6 Byte je logischer Spalte (siehe Tabelle 6 Zeile 8 und 16).

Zeile (Z)	Bewirtschaftungsmaßnahme	Bestellen		Säen	Düngen	Pflanzen- schutz	Mährdrusch
		Pflügen	Kreisel- eggen				
	Erwarteter Datenanfall nach Wagner (1999b, S. 465)						
1	Arbeitsbreite (m)	3		3	15	15	5
2	Arbeitsgeschwindigkeit (m/s)	2		2	2	2	1.4
3	Bearbeitete Fläche (m ² /s)	6		6	30	30	7
4	Datensätze je ha u. Maßnahme	1 667		1 667	333	333	1 429
5	Attribute je Datensatz	25		25	35	35	20
6	Maßnahmen pro Jahr	2		1	3	3	1
7	Attribute pro Jahr und Hektar	83 333		41 667	35 000	35 000	28 571
8	Bytes je Attribut	6		6	6	6	6
9	Bytes pro Jahr und ha	500 000		250 000	210 000	210 000	171 429
	Beispiele für tatsächlichen Datenanfall						
10	Tag der Datenaufnahme	23.10.2000	04.04.2001	04.04.2001	02.04.2001	24.04.2001	16.08.2001
11	Arbeitsbreite (m)	1.5	3	3	15	15	4.8
12	Bearbeitete Schläge bei der Datenaufnahme	Th1	D3	D3	Th2 7/8,D1, D2 1/4,D4, D21,D22, D24	S4,Th1,D8, D13	D1 Ver- suchsanlage
13	Bearbeitete Fläche (ha)	5.0	3.8	3.8	35.8	23.0	4.2
14	Datensätze insgesamt	27 667	22 894	22 894	65 748	32 565	6 032
15	Anzahl aufgenommener Attribute	73	73	74	85	85	14
16	Bytes je Attribut	8	8	8	8	8	8
17	Maßnahmen pro Jahr	1	1	1	3	3	1
18	zu analysierendes Feld	Th1	D3	D3	D4	S4	D1
19	Datensätze im Feld (s. Z18)	24 812	15 995	15 995	7 538	10 305	6 032
20	Fläche des Feldes (ha)	5.0	3.8	3.8	9.4	8.8	4.2
21	Datensätze im Feld je ha (Z19/Z20)	4 962	4 209	4 209	802	1 171	1 436
22	Bytes pro Jahr und ha Feldarbeit (Z15*Z16*Z17*Z21)	2 897 808	2 458 056	2 491 728	1 636 080	2 388 840	160 832
23	Datensätze Transport und Hof	2855	6 899	6 899	22 926	14 761	-
24	Datensätze Transport und Hof je ha (Z23/Z13)	566	1 816	1 816	604	642	600*
25	Bytes pro Jahr und ha Transport und Hof (Z15*Z16*Z17*Z24)	330 544	1 060 544	1 075 072	1 232 160	1 309 680	67 200
26	Bytes pro Jahr und ha insgesamt (Z22+Z25)	3 228 352	3 518 600	3 566 800	2 868 240	3 698 520	228 032

Tab. 6: Analyse des Datenumfangs einer automatisierten Prozessdatenerfassung (* geschätzter Wert; zu den Feldbezeichnungen siehe Abbildung 29)

Die Hauptursache, warum die tatsächlich ermittelten Datenumfänge um etwa ein 10-faches höher sind, als die von WAGNER (1999b) prognostizierten, sind aber die Anzahl der übertra-

⁹ Attribute und logische Spalten werden synonym verwendet

genen Attribute, die bei den Bewirtschaftungsmaßnahmen i.d.R. zwischen 73 und 85 betragen (Zeile 15). Erwartet wurden statt dessen nur 20-35 logische Spalten.

Bei den in der Tabelle vorgestellten Mähdruschdaten wurden dagegen nur Daten während der Arbeitserledigung erfasst. Wende- und Standzeiten auf dem Feld bzw. Transportzeiten und Zeiten auf der Hoffläche wurden bei diesem Datensatz nicht erfasst. Hier stimmen prognostizierte und tatsächlich ermittelte Werte für den Datenumfang gut überein.

Werden aus der Datenbank nur die für eine weitere Verarbeitung relevanten logischen Spalten aus IMPORTDB exportiert, beträgt der Datenumfang etwa 140 Megabyte (siehe Anhang D unten rechts).

3 GIS-Datenaufbereitung

Via ODBC (Open Database Connectivity) lassen sich Daten aus einer relationalen Datenbank einfach in ein GIS einlesen (siehe Abbildung 25 Mitte rechts). Im View DUENGEN (siehe Abschnitt 2.3.2) sind relevante Spalten aller eingelesenen Düngemaßnahmen zusammengestellt. Über eine Benutzeroberfläche ist es in ArcView durch Ausfüllen der „where“-Zeile z.B. durch Eingabe von tag = 16 möglich Datensätze einzulesen, bei denen sich in der Spalte Tag des Views der Wert 16 befindet (Liebig, 1999, S. 210 ff.; siehe Abbildung 28). Während des

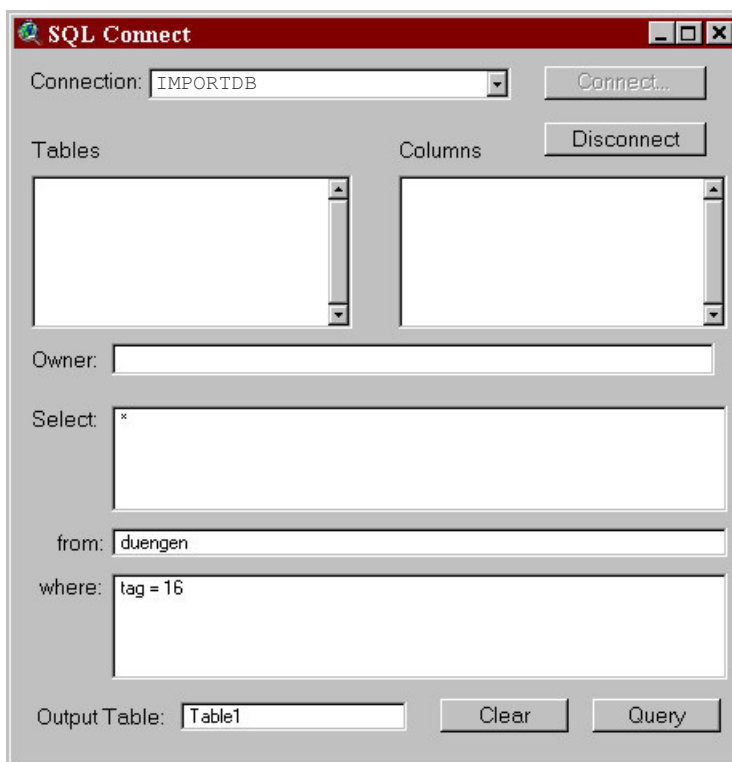


Abb. 28: Import von Daten der IMPORTDB in ArcView

Einlesens der gewünschten Datensätze kann so eine Abfrage auf einem View durchgeführt werden (zur Einordnung siehe Abbildung 25 Mitte).

Soll der von IMPORTDB eingelesene View als Thema im GIS visualisiert werden, müssen die Spalten Longitude und Latitude als x- bzw. y- Koordinaten definiert werden (Liebig, 1999, S. 205 ff.). Bei diesem Vorgang werden die beiden Spalten mit den Datentypen Dezimal in den GIS-Datentyp Punkt umgewandelt.

Weitere relevante Daten werden direkt in ein GIS eingelesen. Dies sind vor allem Schlaggrenzen der Felder, die als ESRI Shape mit dem Datentyp Polygon vorliegen (zur Einordnung siehe Abbildung 25 Mitte; Darstellung der Felder siehe Abbildung 29).

In der Abbildung 30 sind als Beispiel Datensätze eines Tages einer Düngemaßnahme vom 30.4.2001 aus dem View DUENGEN von IMPORTDB in ArcView eingelesen worden. Visualisiert ist dieser Datensatz durch graue Punkte. Im GIS können Spalten je nach Werteklasse Farben zugeordnet werden. Im Beispiel wurden für die Spalte Measured Application Rate per Hectar (MrApRaHa; meapraha aus dem View Düngen) unterschiedliche Werteklassen definiert und diesen verschiedene Grautöne zugeteilt. Es werden in der Abbildung nur noch die für eine Weiterverarbeitung zu einer Ist-Kostenrechnung relevanten Spalten der Sachdaten

dieser Punktdatenlage angezeigt. Die Spaltenbezeichnungen der Sachdatentabelle entsprechen hierbei: TaT den Tagesteil, Arb den abgekürzten Namen des ausführenden Arbeiters, SltfTr dem Namen des Selbstfahrers/Traktor, MobProz1 dem Namen des Anbaugerätes1, NameG dem Namen des ausgebrachten Gutes („Kostenart“ aus dem View Düngen), MeApRaHa der ausgebrachten Menge des Gutes in der Einheit 100g/ha.

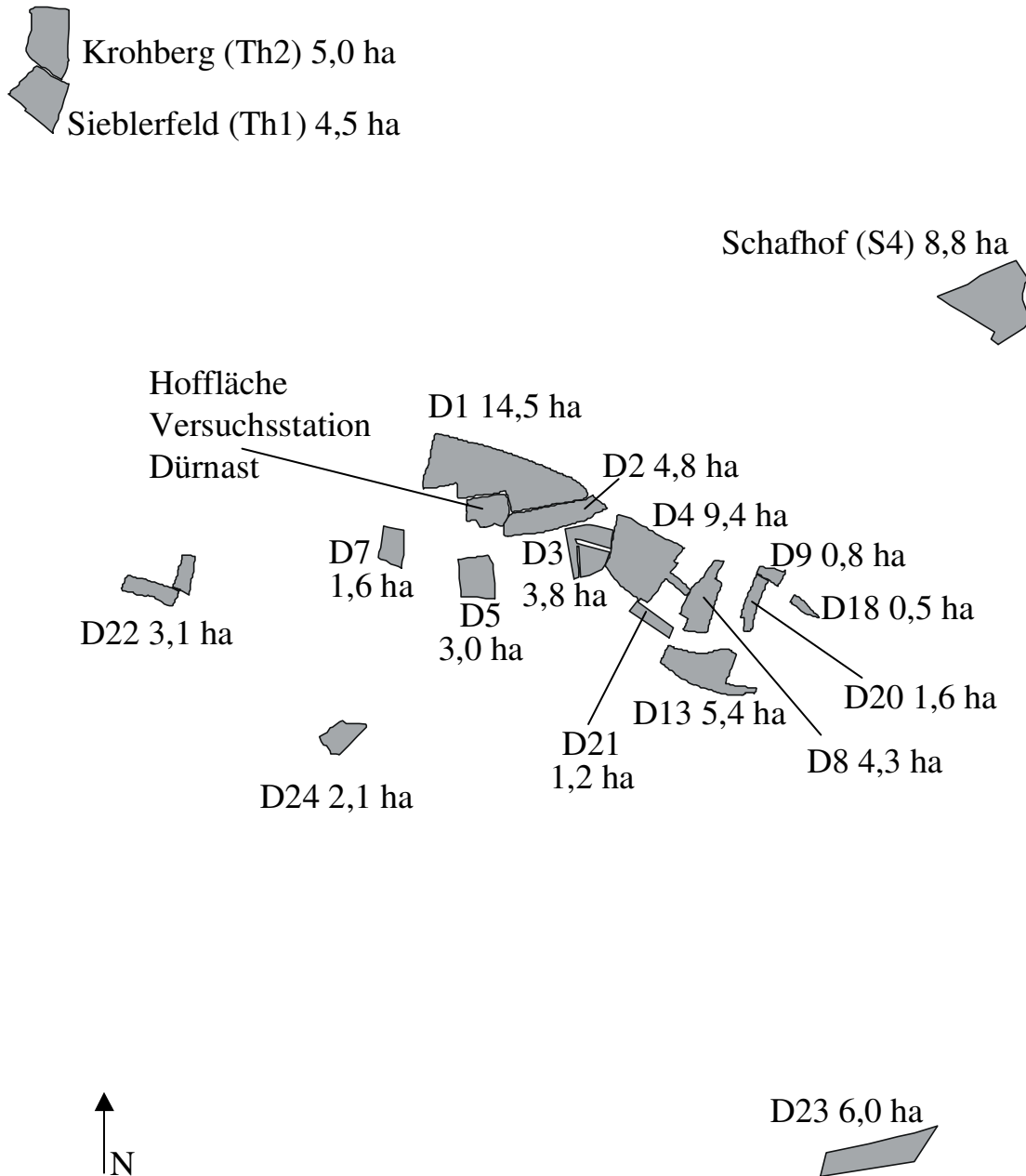


Abb. 29: Die bewirtschafteten Felder und die Hoffläche der Versuchsstation Dürnast der TUM mit jeweiligen Hektarangaben. Die Flächen mit dem Datentyp Polygon wurden direkt in das GIS eingelesen.

Die Teilflächendatenlage wurde im GIS erstellt. Für alle Schläge und der Hoffläche des Betriebes Dürnast lagen die Schlaggrenzen mit dem Datentyp Polygon vor (siehe Abbildung 29). Für jeden Schlag wurden 30*30 Meter-Teilschläge mit dem Datentyp Polygon erstellt. Die Polygone wurden an der jeweiligen Schlaggrenze abgeschnitten. Die dadurch entstandenen

kleinen Polygone wurden mit Nachbarpolygonen zusammgelegt. Jedem Polygon wird ein Attribut (Schlag) mit der jeweiligen Feldbezeichnung als Sachdatum zugeteilt. Dies ist durch eine räumliche Zuordnung („spatial join“) der Schlaggrenzen, welche als Sachdaten die Feldbezeichnung führen, mit den Teilschlag-Polygonen möglich. Danach wird der Flächeninhalt der Polygone errechnet. Dabei wird den Teilflächen automatisch eine Spalte (M2) mit dem jeweiligen Flächenwert in m² angefügt (zu Funktionen eines GIS siehe Kapitel II Abschnitt 3.3.2.3).

Eine Spalte GesamtdbId bei den Sachdaten der Teilflächendatenlage wird noch hinzugefügt.

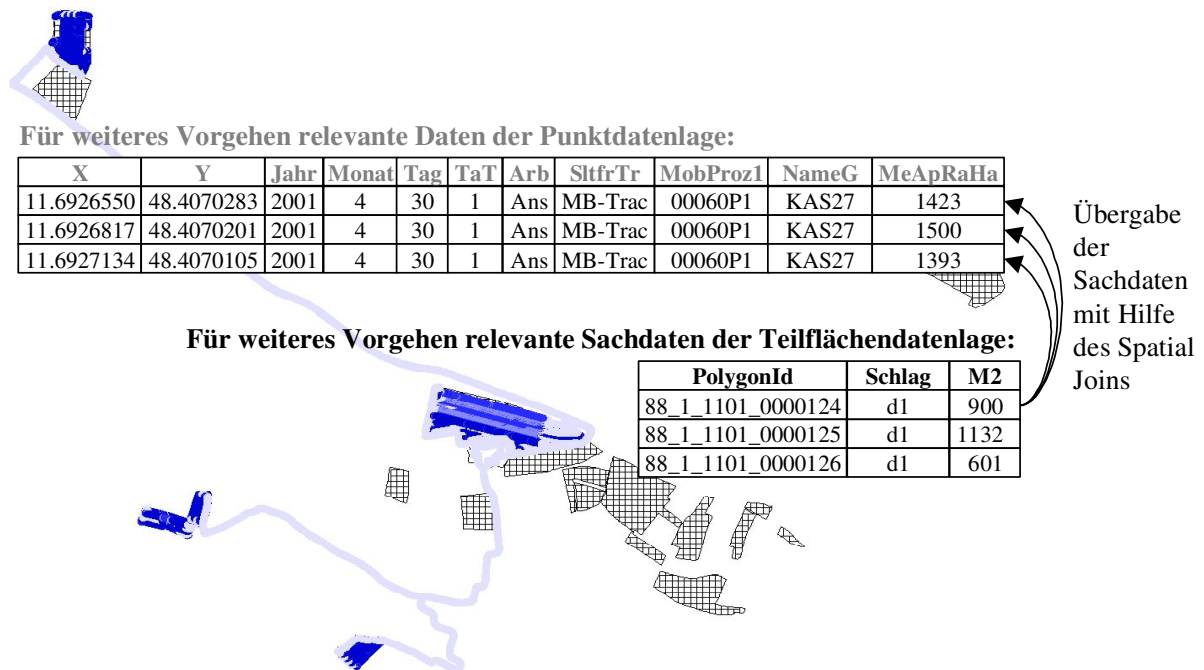


Abb. 30: Räumliche Zuordnung einer Punktdatenlage zu Teilflächen für mehrjährige Ist-Kostenrechnungsauswertungen. Im Vordergrund: Tabellenausschnitt der Sachdaten der Teilflächen- und Punktdatenlage. Im Hintergrund: Visualisierte Punkt- und Teilflächen. Bei den Punktdaten werden Datensätze eines Arbeitstages mit dem Düngerstreuer visualisiert. Hierbei wurde z.B. auf dem Schlag D1 teilflächen-spezifisch gedüngt.

Folgende Regeln gelten bei der Vergabe für die Werte für GesamtdbId (diese wird im weiteren Text auch als PolygonId bezeichnet; siehe Abbildung 30 unten): Die Ziffern 1 und 2 (im Beispiel „88“) kennzeichnen das für die Teilfläche relevante Erntejahr. Teilflächen, die für mehrjährige Auswertungen notwendig sind, werden mit der Ziffer „88“ gekennzeichnet. Da eine Aggregation auf unterschiedliche Teilflächen innerhalb eines Erntejahres ermöglicht werden muss (siehe Kapitel II Abschnitt 2.7.7), wird eine Ziffer zur Unterscheidung benötigt (in Abbildung 30 Ziffer 3 mit Wert „1“). Die Ziffern 4 bis 7 kennzeichnen in Anlehnung an Identifier von TP 7 den Schlag (im Beispiel Schlag D1 mit „1101“). Vor allem für wissen-

schaftliche Belange ist eine räumliche Auflösung im Quadratmeterbereich notwendig (siehe Kapitel II Abschnitt 2.4.1.). Deswegen sind die Ziffern 8 bis 14 für die Kennzeichnung von Teilflächen (im Beispiel „0000124“) reserviert. Diese Unterteilung würde für eine 1 m² Auflösung für einen 999,9999 ha großen Schlag ausreichen.

GesamtdbId, Schlag und M2 werden in die gesamtbetriebliche Datenbank (GESABEDB) in die Tabellen Teilschlag, Teilschlagzuordnung (TSZUORDNUNG), Anbaueinheit (AEINHEIT) und Schlag eingefügt. Danach werden die durch die räumliche Zuordnung verknüpften Sachdaten der Punkt- und Teilflächendatenlage (Jahr, Monat, Tag, Tagteil, Arbeiter, SlfrTr, MobProz1, NameG, MeApRaHa, GesamtdbId) durch ein Skript bearbeitet und in die Tabelle Artikel-Arbeitsgänge (ARTARBGA) der gesamtbetrieblichen Datenbank eingelesen (siehe Abschnitt 4).

4 Datenimport in gesamtbetriebliche Datenbank und Struktur der gesamtbetrieblichen Datenbank

4.1 Import-Skript für die gesamtbetriebliche Datenbank

Im GIS müssen die Sachdatensätze einer Punktdatenlage für jeweils einen Tagesteil und einer Kostenart zusammengestellt werden (zur Einordnung des Vorganges siehe Abbildung 25 Mitte). Durch das Importskript kann dann eine Tabelle Dynamisch geschaffen und mit den Spalten der Gesamtdbid und der Measured Application Rate per Hectar (MeApRaHa) aufgefüllt werden (siehe Übersicht 3). Da MeApRaHa-Werte einzelner Datensätze stark schwanken können, wird durch einen Filter verhindert, dass unrealistische Größen für weitere Berechnungen herangezogen werden. Deshalb werden Erträge unter 10 dt/ha und über 150 dt/ha nicht akzeptiert, soweit die Daten nicht bereits von TP 1 bearbeitet wurden. Unrealistische Werte bei Düngergaben von unter 10 kg Dünger/ha und über 300 kg Dünger/ha werden ebenfalls nicht in die Tabelle Dynamisch eingelesen. Im folgenden Beispiel werden aus den Datensätze die Attribute Gesamtdbid (hier 8811010000021) mit ihren Ertragswerten in die Tabelle Dynamisch eingelesen (siehe Übersicht 3 oben):

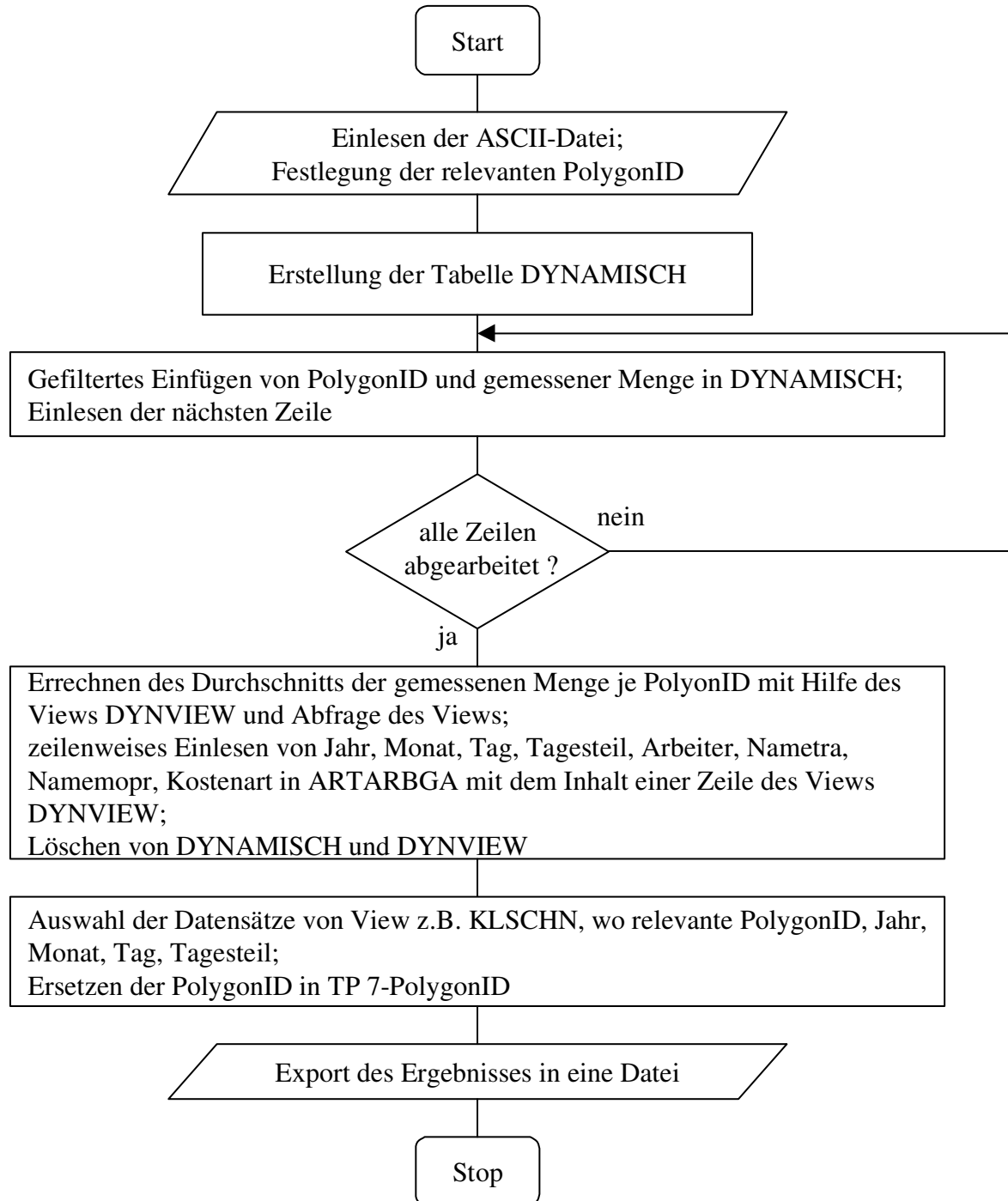
Jahr	Monat	Tag	Tagesteil	Arbeiter	Name1	MoProz1	NameG	Ertrag	Gesamtdbid
...
2001	8	16	1	Mic	MFDVFlowc	xxx	Wweizen	8.6	88111010000021
2001	8	16	1	Mic	MFDVFlowc	xxx	Wweizen	8.4	88111010000021
2001	8	16	1	Mic	MFDVFlowc	xxx	Wweizen	8.2	88111010000021
2001	8	16	1	Mic	MFDVFlowc	xxx	Wweizen	9.2	88111010000021
2001	8	16	1	Mic	MFDVFlowc	xxx	Wweizen	8.3	88111010000021
2001	8	16	1	Mic	MFDVFlowc	xxx	Wweizen	8.2	88111010000021
2001	8	16	1	Mic	MFDVFlowc	xxx	Wweizen	8.1	88111010000021
2001	8	16	1	Mic	MFDVFlowc	xxx	Wweizen	8.3	88111010000021
2001	8	16	1	Mic	MFDVFlowc	xxx	Wweizen	8.9	88111010000021
...

Der View Dynview errechnet mit

```
Create view DYNVIEW as select avg(polygonid) as dpolygonid, avg(menge) as durchschnittsmenge from dynamisch where polygonid > 0 group by polygonid
```

den Durchschnitt der gemessenen Werte, im Beispiel den Ertrag je GesamtdbId.

Übers. 3: Programmablauf des Skripts zum Import von teilflächenspezifischen Daten in die gesamtbetriebliche Datenbank und Export eines Views für Belange einer Ist-Kostenrechnung



Diese Durchschnittswerte werden mit der GesamtdbId und den Angaben zu Jahr, Monat, Tag, Tageteil, Arbeiter, Name des Traktors/Selbstfahrers, Name des Anbaugerätes und der Kostenart in die Tabelle Artikel-Arbeitsgänge der gesamtbetrieblichen Datenbank eingespielt.

Für das obige Beispiel wird folglich

2001 8 16 1 Mic MFDVFlowc xxx Wweizen 8.466 88111010000021

eingefügt.

Die Tabelle Dynamisch und der View Dynview werden nachfolgend gelöscht.

Der zuvor in der gesamtbetrieblichen Datenbank erstellte View Kostenrechnungsschnittstelle (KLSCHN; siehe Abschnitt 5.1.2.) wird mit den zuvor für die Befüllung von Tabelle Artikel-Arbeitsgänge verwendeten Werte für das Jahr, Monat, Tag, Tagteil, Arbeiter und einem relevanten PolygonId-Bereich abgefragt. Das Abfrageergebnis wird in eine ASCII-Datei exportiert.

Das hierzu entwickelte Skript ist komplett in Anhang E aufgeführt.

4.2 Gesamtbetriebliche Datenbank

4.2.1 Übersicht

Bei der Erstellung der Datenbank fanden die unter Kapitel II Abschnitt 3.3.1 aufgestellten Regeln Anwendung. Wie schon unter Abschnitt 3 erwähnt, werden teilflächenspezifische Daten in die Tabellen Artikel-Arbeitsgänge (ARTARBGA), Teilschlag, Teilschlagzuordnung (TSZUORDNUNG) und Anbaueinheit (AEINHEIT) eingefügt. Zur Einordnung der gesamtbetrieblichen Datenbank im Rahmen des entwickelten Management-Informationssystems siehe Abbildung 25 Mitte. Zu Erläuterungen zu den in der Übersicht 4 verwendeten Sinnbildern sei auf Abbildung 27 verwiesen.

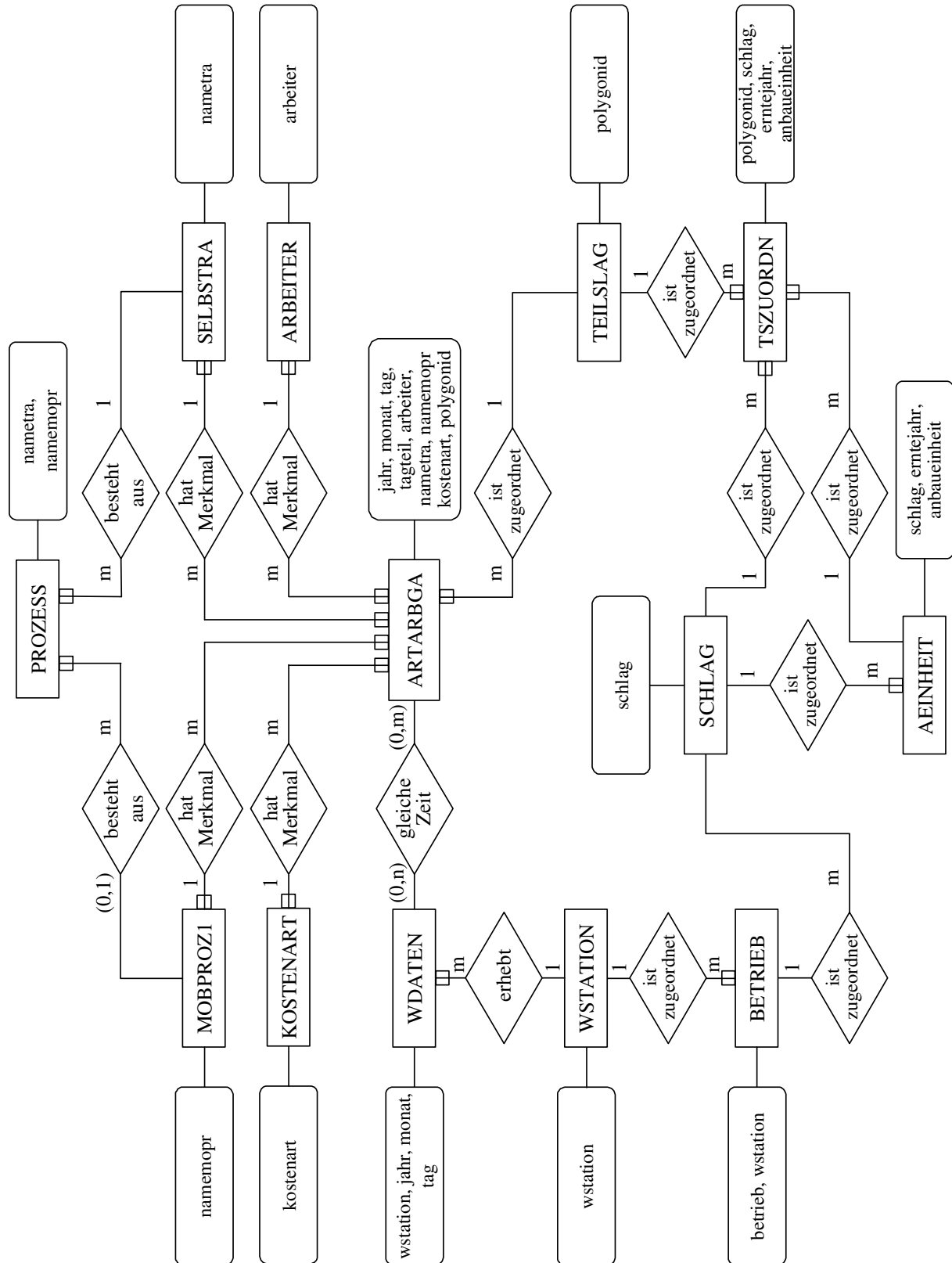
Da für die teilflächenspezifische Versuchsplanung das Wetter, wie unter Kapitel II Abschnitt 2.4.2 diskutiert, eine bedeutende Störgröße für Planungen darstellt, werden in der Tabelle Wetterdaten (WDATEN) einer in der Nähe liegenden Wetterstation abgelegt. Die Eigenschaften der Wetterstation sind in der Tabelle Wetterstation (WSTATION) aufgeführt. Verknüpft werden diese Daten mit den betrieblichen Daten durch den Fremdschlüssel „wstation“ in der Tabelle Betrieb (siehe Übersicht 4).

4.2.2 Die Tabellen im Einzelnen

Bei den folgenden Abbildungen werden Spaltennamen unterstrichen, die einen Primärschlüssel einer Tabelle bilden. Kursiv dargestellte Spaltennamen sind Fremdschlüssel in der jeweiligen Tabelle. Ob beim Einfügen eines Datensatzes die Spalte zwingend aufgefüllt werden muss, zeigt NN. Wenn dies nicht erforderlich sein sollte, wird N verwendet. Werte in den

Spalten werden durch ihre Datentypen, der Länge des Wertes, Genauigkeit und Kommastellen beschrieben (siehe Kapitel II Abschnitt 3.3.2).

Übers. 4: Datenbankstruktur von GESABEDB dargestellt mit einem ER-Modell



Zentrale Bedeutung in der gesamtbetrieblichen Datenbank hat die Tabelle Artikel-Arbeitsgänge (ARTARBGA). Hier werden alle teilflächenspezifischen Bewirtschaftungsmaßnahmen und auch etwaige durchgeführte Reflexionsmessungen eingefügt. Als Primärschlüssel dienen die Spalten Jahr, Monat, Tag, Tagteil, Arbeiter, Kostenart und Polygonid. Werden während eines Arbeitsganges mehrere Kostenarten ausgebracht (z.B. Treibstoff und Dünger), so sind diese einzeln durch das Importskript in die Tabelle Artikel-Arbeitsgänge (ARTARBGA) einzufügen. Wenn Polygonids mehrmals mit gleichzeitiger Verursachung von Kosten überfahren werden, muss dies derzeit noch manuell im GIS durch Vergabe von Werten für den Tagteil gekennzeichnet werden.

Tab. 7: Tabelle Artikel-Arbeitsgänge (ARTARBGA)

Tabelle Artikel-Arbeitsgänge

Spaltenname	Not Null (NN)/ Null (N)	Datentyp	Länge	Genauigkeit	Kommastellen	Erklärung
<u>JAHR</u>	NN	smallint				Jahr (jjjj) der Bewirtschaftungsmaßnahme
<u>MONAT</u>	NN	smallint				Monat der Bewirtschaftungsmaßnahme
<u>TAG</u>	NN	smallint				Tag der Bewirtschaftungsmaßnahme
<u>TAGTEIL</u>	NN	smallint				um mehrmaliges Befahren einer Teilfläche an einem Tag auseinander zu halten
<u>ARBEITER</u>	NN	character	3			Name des ausführenden Arbeiters
<u>NAMETRA</u>	NN	character	10			Name des Selbstfahrers/Traktors wenn nicht vorhanden: "xxx"
<u>NAMEMOPR</u>	NN	character	10			Name des Anbaugerätes; wenn nicht vorhanden: "xxx"
<u>KOSTENART</u>	NN	character	15			Name der Kostenart
<u>MENGE</u>	NN	decimal		8	3	durchschnittlich ausgebrachte Menge je POLYGONID
<u>POLYGONID</u>	NN	decimal		16	0	ID der Teilfläche
<u>EC</u>	N	smallint				Entwicklungsstadium des Bestandes v.a. bei Düngung

Die Tabelle ist über zahlreiche Fremdschlüssel mit weiteren Tabellen verknüpft. Die Spalte Arbeiter ist mit der Tabelle Arbeiter, die Spalte mit dem Namen des Selbstfahrers/Traktors (Nametra) mit der Tabelle Selbstfahrer/Traktor (SELBSTRA), die Spalte mit dem Namen des Anbaugerätes (Namemopr) mit der Tabelle Anbaugerät1 (MOBPROZ1), die Spalte Kostenart mit der Tabelle Kostenart, die Spalte Polygonid mit der Tabelle Teilschlag (TEILSLAG) verbunden. Bei einem Arbeitsgang können mehrere Anbaugeräte gleichzeitig mit einem Traktor kombiniert werden. Hierzu wäre eine weitere Tabelle Anbaugerät2 (MOBPROZ2) in die Datenbank zu integrieren. Im Projekt IKB Dürnast trat diese Konstellation noch nicht auf, weswegen dies in der derzeitigen Form der Datenbank noch nicht berücksichtigt wurde.

In den Tabellen sind die Spalten Arbeiter, Kostenart, Nametra (Name Traktor/Selbstfahrer), und Namemopr (Name Anbaugerät) die Primärschlüssel in den jeweiligen Tabellen. In allen

Tabellen und den entsprechenden Datensätzen wird für die TP 7-Ist-Kostenrechnung der dort verwendete Identifier hinterlegt. In der Tabelle Kostenart können auch Informationen zu Preisen hinterlegt werden, welche aus einer Kostenrechnung oder aus einschlägiger Literatur stammen (z.B. KTBL-Taschenbuch). Dadurch sind ohne Hilfe einer Kostenrechnung einfache Leistungs-Kostendifferenzen v.a. zur Kontrolle von Precision Farming-Bewirtschaftungsmaßnahmen kalkulierbar.

Tab. 8: Aufbau der Tabellen Arbeiter, Kostenart, Selbstfahrer/Traktor (SELBSTRA), Anbaugerät1 (MOBPROZ1)

Tabelle Arbeiter

Spaltenname	Not Null (NN)/ Null (N)	Datentyp	Länge	Genauigkeit	Kommastellen	Erklärung
ARBEITER	NN	character	3			Name des ausführenden Arbeiters
TP7IDARB	NN	integer				nach Vorgaben von TP 7

Tabelle Kostenart

Spaltenname	Not Null (NN)/ Null (N)	Datentyp	Länge	Genauigkeit	Kommastellen	Erklärung
KOSTENART	NN	character	3			Name der Kostenart/Leistung
TP7IDKOA	NN	integer				nach Vorgaben von TP 7
EINHEIT	NN	character	10			Einheit der Kostenart/Leistung
PREIS	NN	decimal		8	3	Leistungen mit positiven, Kosten mit negativen Werten; Angaben in Euro je Einheit

Tabelle Selbstfahrer/Traktor (SELBSTRA)

Spaltenname	Not Null (NN)/ Null (N)	Datentyp	Länge	Genauigkeit	Kommastellen	Erklärung
NAMETRA	NN	character	10			Name des benützten Selbstfahrers/Traktors
TP7IDTRA	NN	integer				nach Vorgaben von TP 7

Tabelle Anbaugerät1 (MOBPROZ1)

Spaltenname	Not Null (NN)/ Null (N)	Datentyp	Länge	Genauigkeit	Kommastellen	Erklärung
NAMEMOPR	NN	character	10			Name des benützten Anbaugerätes
TP7IDMOPR	NN	integer				nach Vorgaben von TP 7

Für eine Kostenrechnung nach AUGSBURGER (2000, S. 18) sind zusätzlich Angaben zum Prozess erforderlich (z.B. Düngung mineralisch). Diese Information wird aus der Kombination der Schlepper- bzw. Selbstfahrer und Maschinenbezeichnung automatisiert gewonnen. Die entsprechenden Identifier der Kostenrechnung müssen hierfür erneut in der Tabelle Prozess hinterlegt sein. Die Primärschlüssel aus den Tabellen Anbaugerät1 und Selbstfahrer/Traktor

bilden in der Kombination den Primärschlüssel in Tabelle Prozess. Sie fungieren dort gleichzeitig als Fremdschlüssel (siehe Tabelle 9).

Tab. 9: Tabelle Prozess

Tabelle Prozess

Spaltenname	Not Null (NN)/ Null (N)	Datentyp	Länge	Genauigkeit	Kommastellen	Erklärung
<u>NAMETRA</u>	NN	character	3			Name des benützten Selbstfahrers/Traktors
<u>NAMEMOPR</u>	NN	integer				Name des benützten Anbaugerätes
TP7IDPRO	NN	character	10			nach Vorgaben von TP 7

Die Tabelle Teilschlag (TEILSLAG) steht in Relation mit der Tabelle Teilschlagzuordnung (TSZUORDNUNG). Ein Schlag kann während unterschiedlicher Produktionsperioden vom Bewirtschafter je nach Gutdünken in unterschiedliche Anbaueinheiten unterteilt werden. Deswegen muss ein mehrjährig gültiger Teilschlag mit den beiden ersten Ziffern der Polygonid „88“ unterschiedlichen Anbaueinheiten zugeordnet werden können. Die Tabelle Teilschlagzuordnung steht wiederum mit den Tabellen Anbaueinheit (AEINHEIT) und Schlag in Beziehung.

Wurde ein Schlag während einer Produktionsperiode nicht geteilt, erhält die Spalte Anbaueinheit der Tabelle Anbaueinheit den Wert „ngt“ (nicht geteilt). Da durch ein GIS errechnete Flächen nicht immer mit den Flächenangaben einer Flurkarte übereinstimmen, sind möglichst beide Werte in die Tabellen Anbaueinheit bzw. Schlag aufzunehmen. Notwendige Korrekturfaktoren können mit Hilfe beider Werte errechnet werden. Die Tabelle Schlag steht mit der Tabelle Betrieb in Relation. Der Primärschlüssel der Tabelle Betrieb wird in der Tabelle Schlag als Fremdschlüssel geführt (siehe Tabelle 10). Neue Schläge können damit nur eingefügt werden, wenn zuvor der entsprechende Betrieb in die Tabelle Betrieb eingerichtet wurde. Fehlerhafte Eingaben werden dadurch vermieden.

Vor allem für die Versuchsplanung und -auswertung sind Informationen über das Wetter äußerst wichtig. Deswegen muß bei der Einrichtung eines Betriebes immer zusätzlich eine passende Wetterstation, die hinreichend auch die betrieblichen Verhältnisse erfassen sollte, in der Tabelle Betrieb mit angegeben werden.

In der Tabelle Betrieb könnten als weitere Eigenschaften z.B. Fixkosten aus geeigneter Literatur (KTBL, 2001) oder aus einer Kostenrechnung aufgeführt werden. Damit könnten auch einfache Vollkostenrechnungen als Kontrollmöglichkeit innerhalb des Systems bis auf Teilflächenebene durchgeführt werden (siehe Tabelle 11).

Tab. 10: Die Tabellen Teilschlag (TEILSLAG), Teilschlagzuordnung (TSZUORDNUNG), Anbaueinheit (AEINHEIT), und Schlag

Tabelle Teilschlag (TEILSLAG)

Spaltenname	Not Null (NN)/ Null (N)	Datentyp	Länge	Genauigkeit	Kommastellen	Erklärung
<u>POLYGONID</u>	NN	decimal		16	0	ID der Teilfläche
FLAECHEM2	NN	integer				Fläche der Teilfläche in m ² ; im GIS errechnet
KOORDINX	N	character	10			x-Koordinate des Flächenmittelpunktes
KOORDINY	N	character	10			y-Koordinate des Flächenmittelpunktes
STREIFEN	N	smallint				für Versuchsunterteilung
ABSCHNITT	N	character	3			für Versuchsunterteilung
VARIANTE	N	character	10			Charakterisierung einer Versuchsvariante
NFK	N	decimal		5	2	nutzbare Feldkapazität in mm
EPOTENT	N	decimal		5	2	Ertragspotential in dt/ha
SOLLEC30	N	decimal		5	2	Soll N-Gabe in kg N/ha aus Versuchsplanung für Düngung zu EC 30
SOLLEC49	N	decimal		5	2	Soll N-Gabe in kg N/ha aus Versuchsplanung für Düngung zu EC 49

Tabelle Teilschlagzuordnung (TSZUORDN)

Spaltenname	Not Null (NN)/ Null (N)	Datentyp	Länge	Genauigkeit	Kommastellen	Erklärung
<u>POLYGONID</u>	NN	decimal		16	0	ID der Teilfläche
<u>ERNTETAHR</u>	NN	smallint				Erntejahr der Gültigkeit der POLYGONID
<u>SCHLAG</u>	NN	character	10			Name des zugehörigen Schlages
<u>ANBAUEINH</u>	NN	character	10			Name der zugehörigen Anbaueinheit

Tabelle Anbaueinheit (AEINHEIT)

Spaltenname	Not Null (NN)/ Null (N)	Datentyp	Länge	Genauigkeit	Kommastellen	Erklärung
<u>SCHLAG</u>	NN	character	10			Name des zugehörigen Schlages
<u>ERNTETAHR</u>	NN	smallint				Erntejahr der Gültigkeit der Anbaueinheit
<u>ANBAUEINH</u>	NN	character	10			Name der Anbaueinheit
FRUCHTART	NN	character	15			Name der auf der Anbaueinheit angebauten Frucht
M2GIS	N	integer				Fläche der Anbaueinheit in m ² ; im GIS errechnet
M2FLURKA	N	integer				Fläche der Anbaueinheit in m ² ; aus Flurkarte

Tabelle Schlag

Spaltenname	Not Null (NN)/ Null (N)	Datentyp	Länge	Genauigkeit	Kommastellen	Erklärung
<u>SCHLAG</u>	NN	character	10			Name des Schlages
M2GISS	N	integer				Fläche des Schlages in m ² ; im GIS errechnet
M2FLURKS	N	integer				Fläche des Schlages in m ² ; aus Flurkarte
<u>BETRIEB</u>	NN	character	10			Name des Betriebes

Mit den gemessenen Werten von der Tabelle Wetterdaten sind z.B. Anforderungen von ENGEL (1991) für Simulationen des N-Bedarfs zu entsprechen. Die Wetterdaten wurden von der Messstation der LBP (Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau) Freising, die Aufzeichnungen im Rahmen des Agrarmeteorologischen Messnetzes Bayern, welche via Internet

veröffentlicht wurden, übernommen (<http://www.lbp.bayern.de>; siehe Tabelle 11). Wettervorhersagen werden wegen ihrer sich rasch ändernden Aussagen nicht im Rahmen der gesamtbetrieblichen Datenbank abgespeichert. Planungsmodelle für teilflächenspezifische Bewirtschaftungsmaßnahmen, die derartige Informationen benötigen, müssen diese aus anderen Quellen beziehen.

Tab. 11: Die Tabellen Betrieb, Wetterstation (WSTATION), und Wetterdaten (WDATEN)

Tabelle Betrieb

Spaltenname	Not Null (NN)/ Null (N)	Datentyp	Länge	Genauigkeit	Kommastellen	Erklärung
<u>BETRIEB</u>	NN	character	10			Name des Betriebes
<u>WSTATION</u>	NN	character	10			Name der zugehörigen Wetterstation
<u>BLEITER</u>	N	character	10			Name des Betriebsleiters
...	N					weitere Eigenschaften des Betriebes (z.B. Fixkosten)

Tabelle Wetterstation (WSTATION)

Spaltenname	Not Null (NN)/ Null (N)	Datentyp	Länge	Genauigkeit	Kommastellen	Erklärung
<u>WSTATION</u>	NN	character	10			Name der Wetterstation
<u>HOEHE</u>	N	smallint				Höhe in m über Meeresspiegel, auf der sich Wetterstation befindet
...	N					weitere Eigenschaften der Wetterstation

Tabelle Wetterdaten (WDATEN)

Spaltenname	Not Null (NN)/ Null (N)	Datentyp	Länge	Genauigkeit	Kommastellen	Erklärung
<u>WSTATION</u>	NN	character	10			Name der Wetterstation
<u>JAHR</u>	NN	smallint				Jahr (jjjj) der Erfassung der Wetterdaten
<u>MONAT</u>	NN	smallint				Monat der Erfassung der Wetterdaten
<u>TAG</u>	NN	smallint				Tag der Erfassung der Wetterdaten
<u>LT200</u>	N	decimal		3	1	Lufttemperatur (°C) in 200cm Höhe
<u>LT020</u>	N	decimal		3	1	Lufttemperatur (°C) in 20cm Höhe
<u>BT005</u>	N	decimal		3	1	Bodentemperatur (°C) in 5cm Tiefe
<u>BT020</u>	N	decimal		3	1	Bodentemperatur (°C) in 20cm Tiefe
<u>BT050</u>	N	decimal		3	1	Bodentemperatur (°C) in 50cm Tiefe
<u>RLF200</u>	N	decimal		3	1	relative Luftfeuchte in %
<u>WW250</u>	N	decimal		4	1	Windgeschwindigkeit (m/s) in 250cm Höhe
<u>BN100</u>	N	decimal		4	1	Blattnässe in %
<u>NIEDERSC</u>	N	decimal		4	1	Niederschlag in mm/m ²
<u>GLOBALST</u>	N	decimal		5	1	Globalstrahlung in W/m ²

5 Belieferung der Auswertungskomponenten und Rückgabe von Ergebnissen

5.1 Datentransfer zu den Auswertungskomponenten

5.1.1 Ausgabe für die Versuchsplanung mit einer ASCII-Datei

Im Versuchsjahr 2001 wurden für eine einfache Versuchsplanung anhand eines „Sensor-Ansatzes mit Kartenüberlagerung“ folgende relevante Informationen genutzt:

- Erträge verschiedener Jahre,
- nutzbare Feldkapazität (nfk) und
- der REIP.

Um auf diese Daten aus der gesamtbetrieblichen Datenbank zurückgreifen zu können, muss z. B. für einen Versuch auf dem Schlag D22 im Erntejahr 2001 folgender View auf die Tabellen Teilschlag und Artikel-Arbeitsgänge der gesamtbetrieblichen Datenbank zusammengestellt werden (Ausgabebeispiel siehe Tabelle 12; zur Einordnung des Vorganges siehe Abbildung 25 links oben):

```
Create view VESUPLD22J01 (polygonid, streifen, abschnitt, variante, nfk, jahr, monat, tag,
kostenart, menge, ec)
as select teilschlag.polygonid, streifen, abschnitt, variante, nfk, jahr, monat, tag, kostenart,
menge,ec
from teilschlag left outer join artarbga on (teilschlag.polygonid = artarbga.polygonid and teils-
schlag.polygonid > 1111220000000 and teilschlag.polygonid < 1111229999999)
where artarbga.jahr > 0
group by jahr, monat, tag, teilschlag.polygonid, streifen, abschnitt, variante nfk, kostenart,
menge, ec
```

Bewirtschaftungsmaßnahmen und nur kurze Zeit gültige Bestandesinformationen wie der REIP werden in der Tabelle Artikel-Arbeitsgänge abgespeichert. Informationen, die über Produktionsperioden hinweg von Bedeutung sind, werden in der Tabelle Teilschlag in extra eingerichteten Spalten abgelegt. Dies ist derzeit die Bodeneigenschaft nfk und die noch vom Planungsmodell einmalig und einfach errechneten Ertragspotentiale (zum Import der Daten siehe Abschnitt 5.2). Werden mehrere Mengenangaben (z.B. REIP und Erträge vergangener Jahre) aus der Tabelle Artikel-Arbeitsgänge benötigt, muss zur Automatisierung ein Aufbereitungsprogramm ähnlich wie unter Abschnitt 5.1.2 geschrieben werden, da, wie aus Tabelle 12 ersichtlich, Angaben zu Streifen, Abschnitt, Varianten, nfk für jede Mengenangabe wiederge-

geben werden müssen. Die Spaltenbezeichnungen, die im Beispiel anhand des SQL-Befehls definiert wurden, müssten dann mit Hilfe des Programms z.B. aus den Angaben vom Jahr, Monat, Tag und Kostenart für jede Mengenangabe erstellt werden.

Das Ergebnis kann in einem Tabellenkalkulationsprogramm oder durch zu programmierende (Versuchs)planungsmodelle weiterverarbeitet werden. In der zweiten Antragsphase des IKB Dürnast werden verbesserte Planungsmodelle auf den Bordcomputer der mobilen Prozesstechnik übertragen, um dann in einen Arbeitsgang den „Sensoransatz mit Kartenüberlagerung“ umsetzen zu können. Wetterdaten müssen für ein verbessertes Planungsmodell separat aus der Tabelle Wetterdaten exportiert werden.

Tab. 12: Auszug aus dem View VESUPLD22J01 (Versuchsplanung auf Schlag D22 im Erntejahr 2001)

Polygonid	Streifen	Abschnitt	Variante	nfk	Jahr	Monat	Tag	Kostenart	Menge	EC
1111220000001	1	e	teilflspez	142	1998	7	15	Wgerste	3.825	
1111220000002	2	e	teilflspez	145.6	1998	7	15	Wgerste	3.935	
1111220000003	3	e	teilflspez	148	1998	7	15	Wgerste	3.33	
1111220000004	4	e	einheitl	150	1998	7	15	Wgerste	3.709	
...
1111220000001	1	e	teilflspez	142	1999	8	2	Wweizen	6.971	
1111220000002	2	e	teilflspez	145.6	1999	8	2	Wweizen	6.841	
1111220000003	3	e	teilflspez	148	1999	8	2	Wweizen	5.657	
1111220000004	4	e	einheitl	150	1999	8	2	Wweizen	6.178	
...
1111220000001	1	e	teilflspez	142	2000	9	30	Smais	21.087	
1111220000002	2	e	teilflspez	145.6	2000	9	30	Smais	16.814	
1111220000003	3	e	teilflspez	148	2000	9	30	Smais	16.867	
1111220000004	4	e	einheitl	150	2000	9	30	Smais	18.355	
...
1111220000001	1	e	teilflspez	142	2001	5	29	REIP	725.8	49
1111220000002	2	e	teilflspez	145.6	2001	5	29	REIP	725.2	49
1111220000003	3	e	teilflspez	148	2001	5	29	REIP	725.7	49
...

5.1.2 Ausgabe für SISCA

Im Rahmen des unter Abschnitt 3.4.1 beschriebenen Skripts wurde ein View „Kostenleistungsrechnungsschnittstelle (KLSCHN)“ auf die gesamtbetriebliche Datenbank (GESABEDB) zur Belieferung der Ist-Kostenrechnung zusammengestellt (zur Einordnung siehe Abbildung 25 oben rechts):

Create view KLSCHN (tag, monat, jahr, selbsttra, mobprozl, arbeiter, prozess, polygonid, polygonflaeche, kostenart, menge, tagteil)

*As select artarbga.tag, artarbga.monat, artarbga.jahr, tp7idtra, tp7idmopr, tp7idarb, tp7idpro, artarbga.polygonid, flaechm2, tp7idkoa, menge, artarba.tagteil
from arbeiter, artarbga, kostenart, mobprozl, prozess, selbsttra, teilschlag*

where *artarbga.arbeiter* = *arbeiter.name* and *artarbga.namemopr* = *mobproz1.name* and *artarbga.kostenart* = *kostenart.name* and *artarbga.nametra* = *selbstra.name* and *artarbga.polygonid* = *teilschlag.polygonid* and *prozess.namemopr*=*mobproz1.name* and *prozess.nametra* = *selbstra.name*

Durch den View werden demzufolge die hinterlegten Identifier aus der Kostenrechnung für den Arbeiter, Traktor/Selbstfahrer, Anbaugerät, Prozess und Kostenart zusammengestellt. Des weiteren sind Angaben zum Tag, Monat, Jahr, Polygonid, Fläche des Polygons und zur Menge erforderlich.

Durch einen im Skript eingebetteten SQL-Befehl werden die Datensätze exportiert, die zuvor in die GESABEDB der Tabellen eingefügt wurden (siehe Abschnitt 4.1). Die Variablen \$tagteil, \$tag, \$monat, \$jahr wurden hierzu mit den entsprechenden Werten der Importdatei für die GESABEDB belegt (siehe Übersicht 3 unten).

```
select * from klschn where polygonid > 881110099999999 and polygonid
< 88111020000000 and tagteil=$tagteil and tag=$tag and monat=$monat and jahr=$jahr
```

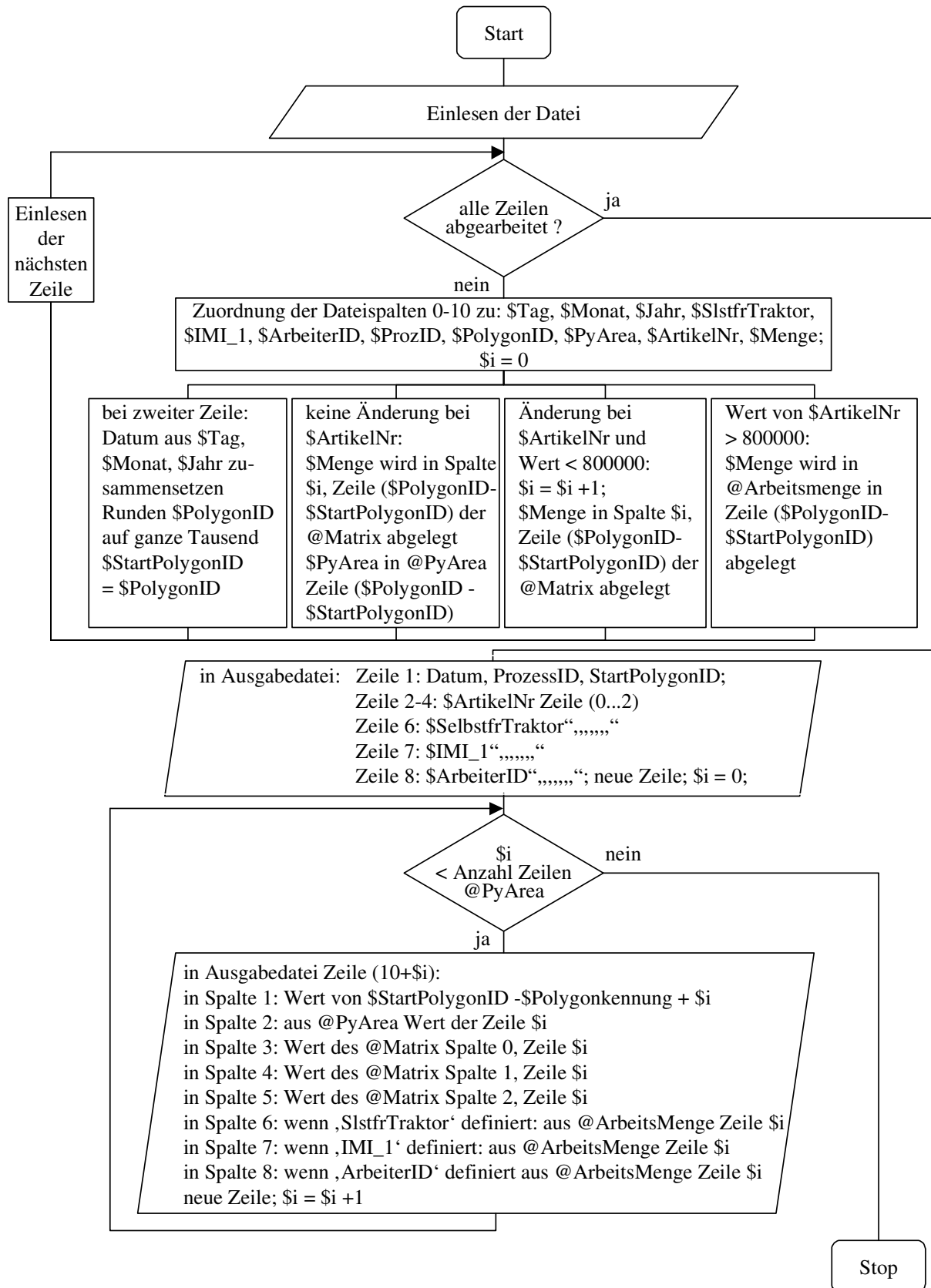
Die selektierten Datensätze werden, nachdem auch die Polygonids durch TP 7-Ids für die Teilschläge (siehe Tabelle 13 Spalte Tschlag) ersetzt werden, in eine ASCII-Datei exportiert und durch das folgend beschriebene Programm für die Schnittstelle zu SISCA aufbereitet (siehe Tabelle 13).

Tab. 13: Ausschnitt aus einer Exportdatei, die aus dem View KLSCHN zur Weiterverarbeitung für die SISCA-Schnittstelle erstellt wurde (im Beispiel Düngemaßnahme auf dem Schlag D1)

Tag	Monat	Jahr	Selbsttra	Mobproz1	Arbeiter	Prozess	Tschlag	Flaeche	Artikel	Menge
14	5	2001	6020004	6100008	5300002	1301	1101001	900	1300011	1199.03
14	5	2001	6020004	6100008	5300002	1301	1101002	900	1300011	1321.50
14	5	2001	6020004	6100008	5300002	1301	1101003	900	1300011	1206.84
14	5	2001	6020004	6100008	5300002	1301	1101004	900	1300011	1386.64
14	5	2001	6020004	6100008	5300002	1301	1101005	900	1300011	1854.48
...

Wie aus obiger Tabelle ersichtlich, werden derzeit 11 logische Spalten zur Belieferung der Schnittstelle zu SISCA benötigt. Die Datei wird durch das Skript zeilenweise eingelesen. Dabei wird für jede Spalte der gerade eingelesenen Zeile eine Variable zugeordnet (\$Tag, \$Monat, \$Jahr, \$S1stfrTraktor, \$IMI_1, \$ArbeiterID, \$ProzID, \$PolygonID, \$PyArea, \$ArtikelNr, \$Menge).

Übers. 5: Programmablauf zur Datenaufbereitung für die Schnittstellendatei zu SISCA



Eine weitere Variable (\$) zählt die Anzahl der eingelesenen Zeilen. Im Skript werden unterschiedlich dynamisch aufgebaute Untereinheiten der Schnittstellendatei erstellt (@Matrix, @PyArea, @Arbeitsmenge).

Die Variable \$i wird definiert, um diese Untereinheiten an den richtigen Stellen befüllen zu können (siehe Übersicht 5 oben). Bei der zweiten eingelesenen Zeile (\$ = 1) wird das Datum aus den Variablen \$Tag, \$Monat und \$Jahr zusammengestellt. Die Variable Polygonkennung wird durch Runden der Variablen \$PolygonID auf ganze Tausender errechnet und die Variable \$StartPolygonID gleich der Variablen \$PolygonID dieser Zeile gesetzt.

Bei jeder eingelesenen Zeile wird zudem kontrolliert, ob sich \$ArtikelNr ändert (siehe Übersicht 5 Mitte).

Ist dies nicht der Fall, wird \$Menge in die Spalte \$i und Zeile (\$PolygonID-\$StartPolygonid) der @Matrix geschrieben. \$PyArea wird in die Zeile (\$PolygonID-\$StartPolygonid) der @PyArea eingefügt.

Ändert sich \$ArtikelNr und ist der Wert der neuen \$ArtikelNr kleiner als 8000000 wird \$i um den Wert 1 erhöht. \$Menge wird wiederum in die Spalte \$i und die Zeile (\$PolygonID-\$StartPolygonID) der @Matrix abgelegt.

Ändert sich \$ArtikelNr und ist der Wert der neuen \$ArtikelNr größer als 8000000 wird \$Menge in @Arbeitsmenge in Zeile (\$PolygonID-\$StartPolygonID) eingefügt, da bei SISCA-Ids für Arbeitskosten mit Werten, welche größer als diese Zahl sind, definiert wurden.

Danach wird der Dateikopf (siehe Zeile1-8, Tabelle 14) erstellt. \$i wird wieder gleich 0 ge-

Tab. 14: Ausschnitt aus einer Schnittstellendatei zu SISCA

Zeilen	Spalten		
	1	2	3
1	14.5.2001	1301	1101000
2	1300011		
3			
4			
5			
6	6020004		
7	6100008		
8	5300002		
9			
10	1	0,09	1,199034
11	2	0,09	1,3215
12	3	0,09	1,20684
13	4	0,09	1,386642
14	5	0,09	1,854476
15	6	0,09	1,217703
16	7	0,09	1,235384
...

setzt und bei jeder neu gebildeten Zeile um 1 erhöht (siehe Tabelle 14).

Der Dateirumpf (Tabelle 14, Zeile 10 bis Zeile 10 +\$i) wird solange durch die entsprechenden Zeilen der Untereinheiten @PyArea, @Matrix und @Arbeitsmenge zusammengestellt, bis \$i gleich der Anzahl der Zeilen von @PyArea entspricht.

Das Ergebnis des Skriptes zeigt nebenstehende Tabelle.

Hier wurden Daten einer Düngemaßnahme auf dem Schlag D1 für eine langjährige Kostenrechnung in SISCA zusammengestellt.

Trennzeichen ist hier ein Semikolon (;). Als Dezimaltrenner wird ein Komma (,) verwendet. Zur Erläuterung der einzelnen Felder sei auf AUGSBURGER (2001, S. 8) verwiesen. Das Skript ist in Anhang F enthalten.

5.2 Datentransfer von den Auswertungskomponenten

Ergebnisse aus den Auswertungskomponenten (z.B. Kostenrechnung, Versuchsplanung oder -auswertung) können in der gesamtbetrieblichen Datenbank beständig abgelegt werden. Dies können zum einen Ids bzw. Preise aus der TP 7 -Auswertungskomponente, errechnete Ertragspotentiale oder N-Sollvorgaben aus der Versuchsplanung sein.

Die durch die Versuchsplanung erstellten Ertragspotentiale (\$ertpotential) können z.B. mit dem Befehl

```
Update TEILSLAG set ertpotential = $ertpotential where polygonid = $polygonid
```

in die GESABEDB abgelegt werden. Dies kann wieder durch ein eigens geschriebenes Skript erfolgen, durch welches ein zeilenweises Einlesen der Daten die Variablen \$ertpotential und \$polygonid vergeben werden.

5.3 Visualisierung von Ergebnissen im GIS

Ergebnisse der Auswertungen lassen sich im GIS darstellen. Hierzu ist zuerst die Tabelle der Sachdaten, die beim Export in der .dbf-Datei eines ESRI Shapes abgespeichert werden, im GIS mit „Edit – Add Fieldd“ um eine Spalte zu erweitern (siehe Abbildung 31 links). Die exportierte erweiterte Tabelle kann darauf in ein Tabellenkalkulationsprogramm eingelesen werden. Die gewünschten Werte (im Beispiel Erträge vom 16.08.2001) werden je nach Polygonid in die entsprechenden Zeilen der neuen Spalte eingefügt. Die Werte wurden zuvor mit dem Befehl

```
Export to dateiname of del select polygonid, menge from artarbga where jahr=2001 and monat=8 and tag=16 and kostenart='Wweizen'
```

aus der gesamtbetrieblichen Datenbank in eine ASCII-Datei exportiert und ebenfalls in das Tabellenkalkulationsprogramm eingelesen. Das so manipulierte ESRI Shape wird wieder in das GIS eingelesen. Im Tabellenbearbeitungsmodus lässt sich die veränderte .dbf-Datei wie-

der begutachten (siehe Abbildung 31 rechts). Die zusätzlichen Informationen können darauf ebenfalls im GIS visualisiert werden (siehe für das Ertragsbeispiel Abbildung 40 Mitte).

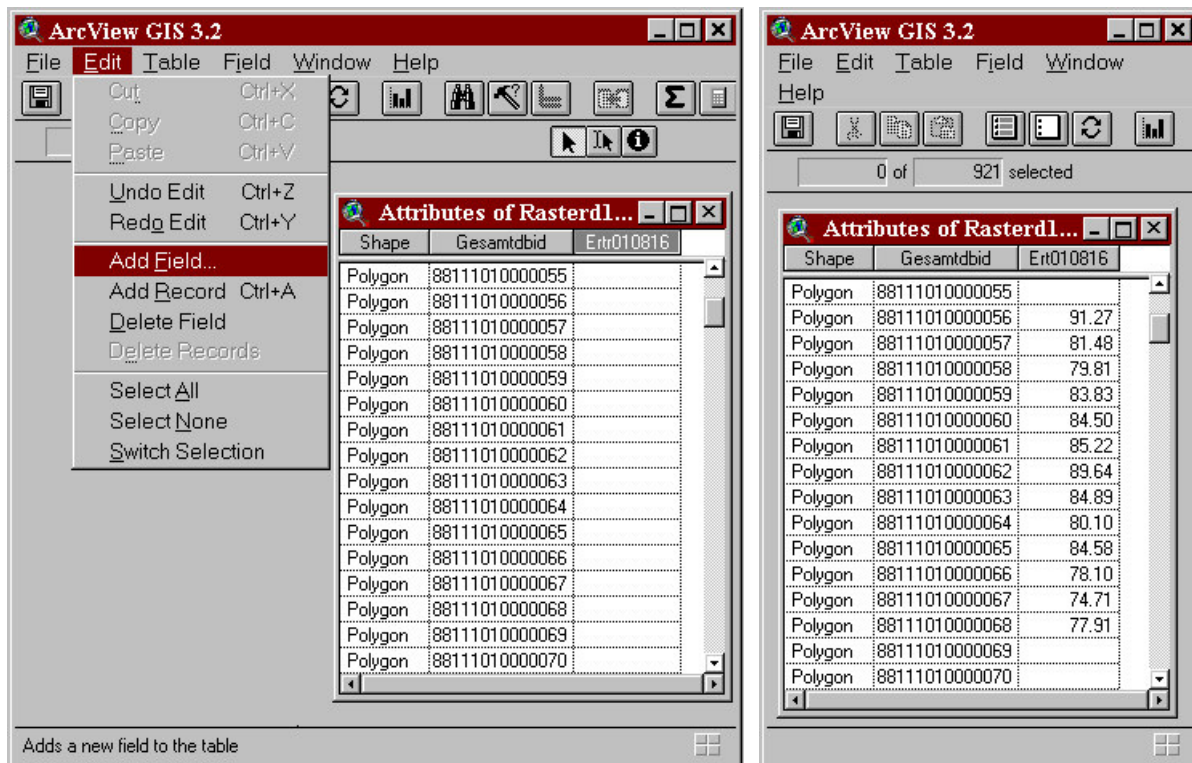


Abb. 31: Hinzufügen einer logischen Spalte zu einer .dbf-Datei eines ESRI Shape in ArcView (links). Betrachtung der .dbf-Datei im ArcView nach dem Hinzufügen der gewünschten Informationen in einem Tabellenkalkulationsprogramm (rechts).

5.4 Übergabe von Aufträgen an die mobile Prozesstechnik

Im Rahmen des MIS können aus dem GIS oder aus der gesamtbetrieblichen Datenbank Sollvorgaben an das MPS übermittelt werden. Für landwirtschaftliche Belange programmierte GIS können unterschiedlichste Schnittstellen zur mobilen Prozesstechnik bedienen (Ludowicy et al., 2002, S. 116 ff.). In der DIN 9684-5 sind Verfahren zur Übertragung teilflächenspezifischer Aufträge definiert. Nach dieser Norm können Informationen im Rahmen eines Fahrgassenmodells oder Rastermodells übertragen werden. Eine einfache Möglichkeit wurde hierzu im MIS vorgesehen. Durch eine Zusammenstellung z.B. der Spalten x-Koordinate (KOORDINX), y-Koordinate (KOORDINY) und N-Sollvorgabe zu EC 30 (SOLLEC30) aus der Tabelle Teilschlag kann ein Auftrag an die mobile Prozesstechnik erstellt werden (siehe Tabelle 18 unter Abschnitt 6). Es gilt in den nächsten Jahren abzuklären, ob mehrere relevante Einzeldaten oder nur ein einziger Wert für eine Soll-Düngergabe übermittelt werden muss. Zudem muss die notwendige räumliche Auslösung der Informationen ebenfalls ermittelt wer-

den. Das unter Abschnitt 6 vorgestellte Verfahren benötigt Werte in einer Auflösung von etwa 1m*1m bis 5m*5m. Es kann für andere Auflösungen leicht umgeändert werden.

Diese Vorgehensweise ist zwar am Rastermodell der DIN 9684-5 angelehnt, ein Datenobjekt wurde für dieses einfache Beispiel jedoch nicht erstellt. Wie diese Sollvorgaben im Rahmen eines Sensoransatzes mit Kartenüberlagerung auf der mobilen Prozesstechnik weiterverarbeitet werden kann, wird nun in Abschnitt 6 geschildert.

6 Ausrichten von Informationen auf Fahrgassen- und Teilarbeitsbreiten

Diese Funktion wurde im Rahmen des MIS programmiert. Die wichtigste GIS-Funktion des Spatial Joins wird hierbei mit Zahlen-Datentypen, wie „smallinteger“ oder „integer“, realisiert. Dies stellt somit einen ersten Schritt dar, GIS und DBMS für landwirtschaftliche Belange zu verschmelzen (Linseisen, 2000, S. 117 f.). Weitere Entwicklungen sind dennoch nötig, um die Automatisierung voranzutreiben. Soll die Funktion in der zweiten Antragsphase auf die mobile Prozesstechnik übertragen werden, sind Änderungen erforderlich. Diese Funktion wird dann ein wichtiger Bestandteil sein, um in Echtzeit Sensordaten mit Mapping-Daten auf dem Bordcomputer des Schleppers ortsgenau zu einer N-Düngergabe zu verrechnen. Das Ergebnis des noch zu verbessernden Planungsmodells wird dann über LBS bzw. dem Bus, der durch die ISO 11783 definiert wird, an den Jobrechner des Düngerstreuers gesendet und realisiert.

Benötigt werden derzeit Informationen über den Verlauf der Fahrgassen. Diese können aus Daten über eine teilflächenspezifische Aussaat oder aus der ersten N-Düngergabe extrahiert werden. Es sind nur Informationen über den Verlauf der Fahrgassen notwendig, nicht aber über die Wendevorgänge. Der Extraktionsvorgang geschah im Rahmen der Arbeit noch manuell. Arbeiten von STEINMAYR (2002, S. 71 ff.) liefern Ansätze für automatisierte Lösungsmöglichkeiten. Auf der mobilen Prozesstechnik muss dann in der zweiten Antragsphase des IKB Dürnast der Traktor in Echtzeit seine Position und seinen aktuellen Winkel, in welchem er sich auf dem Feld befindet, ermitteln können.

Für die Umsetzung wurden punktuell erhobene Daten aus einer vorhergehenden Sensormessung des Pflanzenbestandes verwendet. Der Schlepper mit Sensor ist hierbei auf den Fahrgassen gefahren. Da sich bei diesem Vorgang der DGPS-Empfänger mittig auf dem Dach des Schleppers befand, können x- und y- Koordinaten ermittelt werden, die die Mitte der Fahrgasse kennzeichnen. In der Regel wurden im Sekundenabstand die Koordinaten erfasst, so dass bei langsamer Überfahrt für etwa jeden Meter Werte in Fahrgassenrichtung aufgenommen wurden.

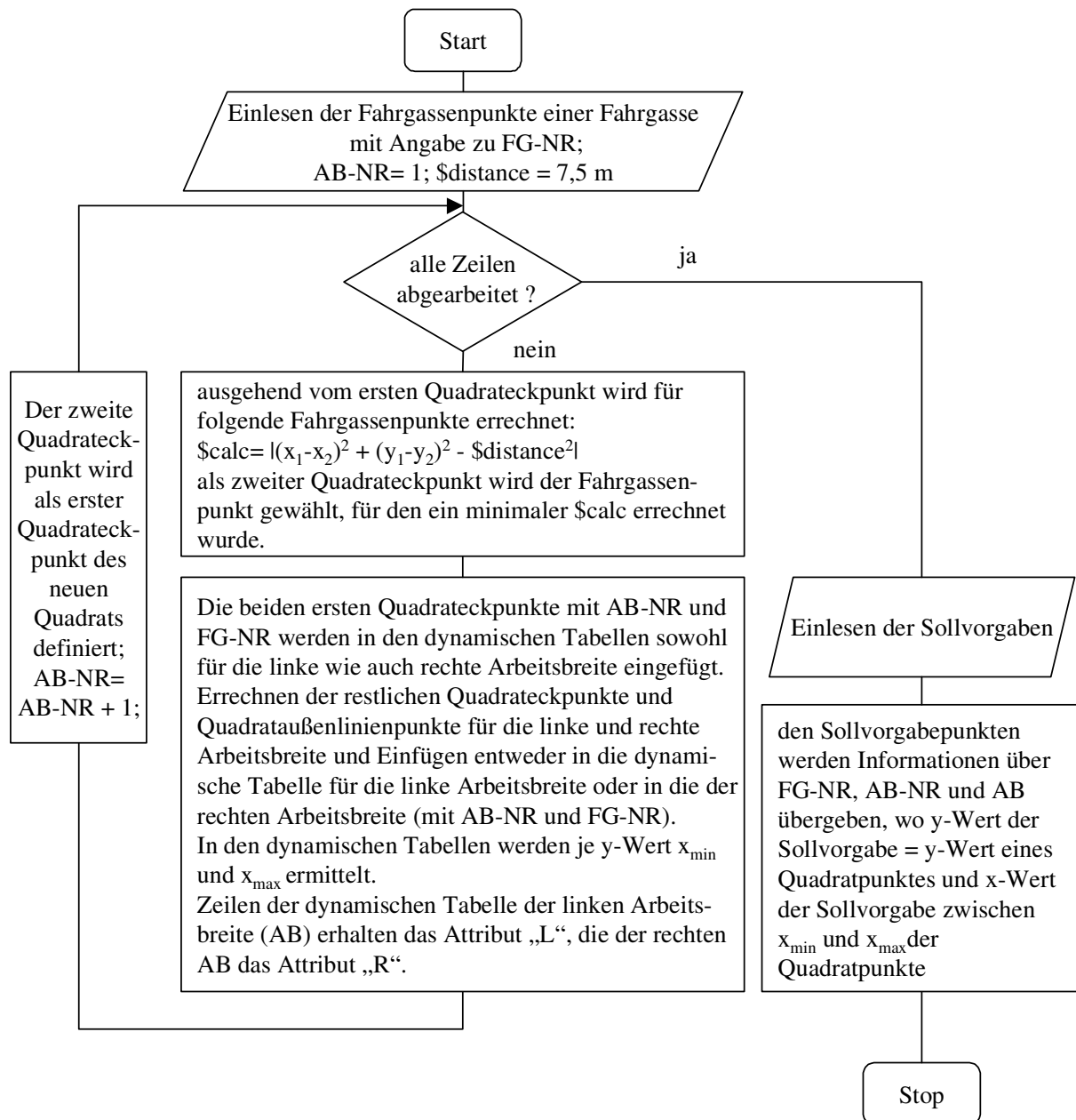
Die so aufgenommenen x- und y-Koordinaten wurden in das Bezugssystem Gauß-Krüger transformiert und für jede Fahrgasse separat in das entwickelte Programm eingelesen. Das vollständige Programm ist in Anhang G aufgeführt. Der erste Punkt ist der Ausgangspunkt der Berechnungen (siehe Übersicht 6). Für die folgenden Fahrgassenpunkte (mit ihren jeweiligen x- und y-Koordinaten) wird Δ nach dem Satz von Pythagoras berechnet.

$$\$calc = |(x_1-x_2)^2 + (y_1-y_2)^2 - \$distance^2| \quad (10)$$

wobei:

- x_1, y_1 x- bzw. y- Koordinate des ersten Quadrateckpunktes
- x_2, y_2 x- bzw. y- Koordinate des zu suchenden zweiten Quadrateckpunktes
- $\$distance$ wird im Projekt mit 7,5 m festgelegt

Übers. 6: Programmablauf der Überführung von in Fahrgassenrichtung und für Teilarbeitsbreiten ermittelten Informationen auf Sollvorgaben



Die Suche nach dem zweiten Quadrateckpunkt wird solange fortgesetzt, bis $\$calc$ des nächsten Punktes größer ist, als $\$calc$ des aktuell getesteten Punktes (siehe Übersicht 6 Mitte; Tabelle 15). Bei ständiger Vorwärtsfahrt des Schleppers und keinen außergewöhnlichen Störungen des DGPS kann so der zweite Quadrateckpunkt gefunden werden, der einem Abstand

zum ersten Quadrateckpunkt (mit x_1, y_1) von 7,5 m am besten entspricht. Im Beispiel der Tabelle 15 wird der Fahrgassenpunkt mit der Nummer 14 als zweiter Quadrateckpunkt gewählt.

Tab. 15: Suche nach dem zweiten Quadrateckpunkt. Punkt 1 ist der Ausgangspunkt der Berechnungen (für \$calc mit \$distance = 7.5 m siehe Formel 10)

Nummer des Fahrgassenpunktes	x-Koordinate	y-Koordinate	\$calc
1	4479473	5363653	56.25
2	4479474	5363653	55.25
3	4479474	5363653	55.25
4	4479475	5363653	52.25
5	4479475	5363654	51.25
6	4479476	5363654	46.25
7	4479476	5363654	46.25
8	4479477	5363654	39.25
9	4479477	5363654	39.25
10	4479478	5363655	27.25
11	4479478	5363655	27.25
12	4479479	5363655	16.25
13	4479479	5363655	16.25
14	4479480	5363656	1.75
15	4479481	5363656	16.75
...

Der jeweilige erste Quadrateckpunkt wird im Programm als R_1 mit x_{r1}, y_{r1} bezeichnet. Folglich kennzeichnet man den jeweiligen zweiten als R_2 mit x_{r2}, y_{r2} .

Der Abstand c zwischen den Punkten R_1 und R_2 wird in Anlehnung an Formel 10 errechnet.

$$c = \sqrt{(x_{r1} - x_{r2})^2 + (y_{r1} - y_{r2})^2} \quad (11)$$

hierbei ist:

- c Abstand zwischen R_1 und R_2 in Metern
- x_{r1}, y_{r1} x-, bzw. y-Koordinate von R_1
- x_{r2}, y_{r2} x-, bzw. y-Koordinate von R_2

Nun wird der Winkel, mit der sich der Schlepper auf dem Feld bewegt, ermittelt. Der Schlepper kann sich auf dem Feld mit einem Winkel von 0° bis 360° bewegen (siehe Abbildungen 32 und 33). Bezugsgrößen sind, wie unter Kapitel II Abschnitt 3.3.2.3 angedeutet, der Äquator für y-Koordinaten und der Leitmeridian für x-Koordinaten.

Der Winkel α , in dem die Punkte R_1 und R_2 zu einander stehen, wird wie folgt errechnet.

Im ersten Quadranten (0° - 90°):

$$\alpha = \sin^{-1}[(y_{r2} - y_{r1})/c] \quad (12)$$

Im zweiten Quadranten (90° - 180°):

$$\alpha = \pi/2 + \sin^{-1}[(y_{r2} - y_{r1})/c] \quad (13)$$

Im dritten Quadranten (180° - 270°):

$$\alpha = \pi + \sin^{-1}[(y_{r2} - y_{r1})/c] \quad (14)$$

Im vierten Quadranten (270° - 360°):

$$\alpha = 3/2*\pi + \sin^{-1}[(y_{r2} - y_{r1})/c] \quad (15)$$

Hierbei ist π gleich dem Wert 3,141592654.

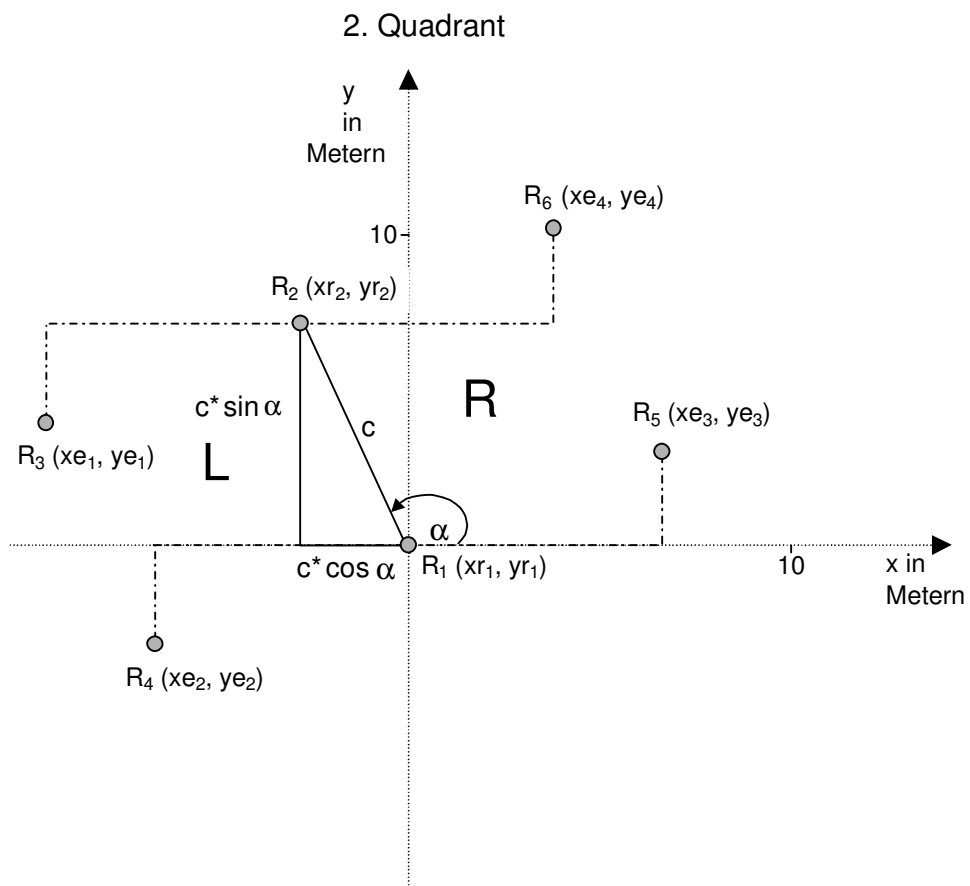
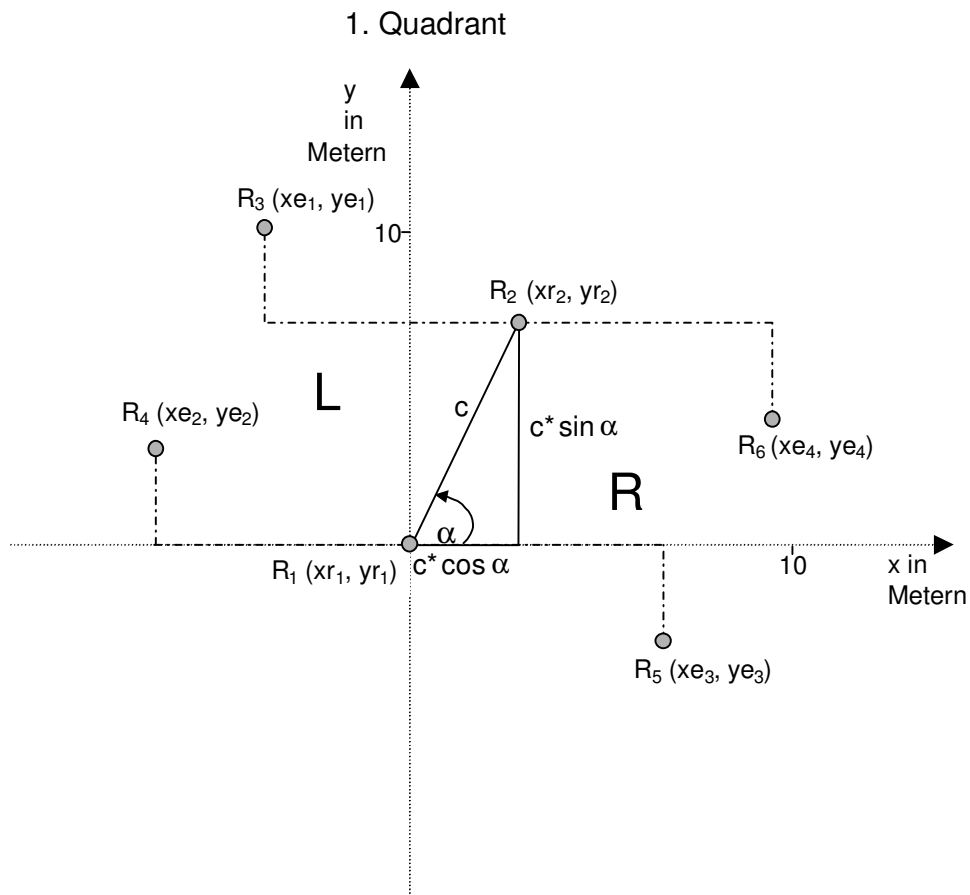


Abb. 32: Berechnung der restlichen Quadrateckpunkte im 1. und 2. Quadranten für die linke Arbeitsbreite (L) und die rechte Arbeitsbreite (R)

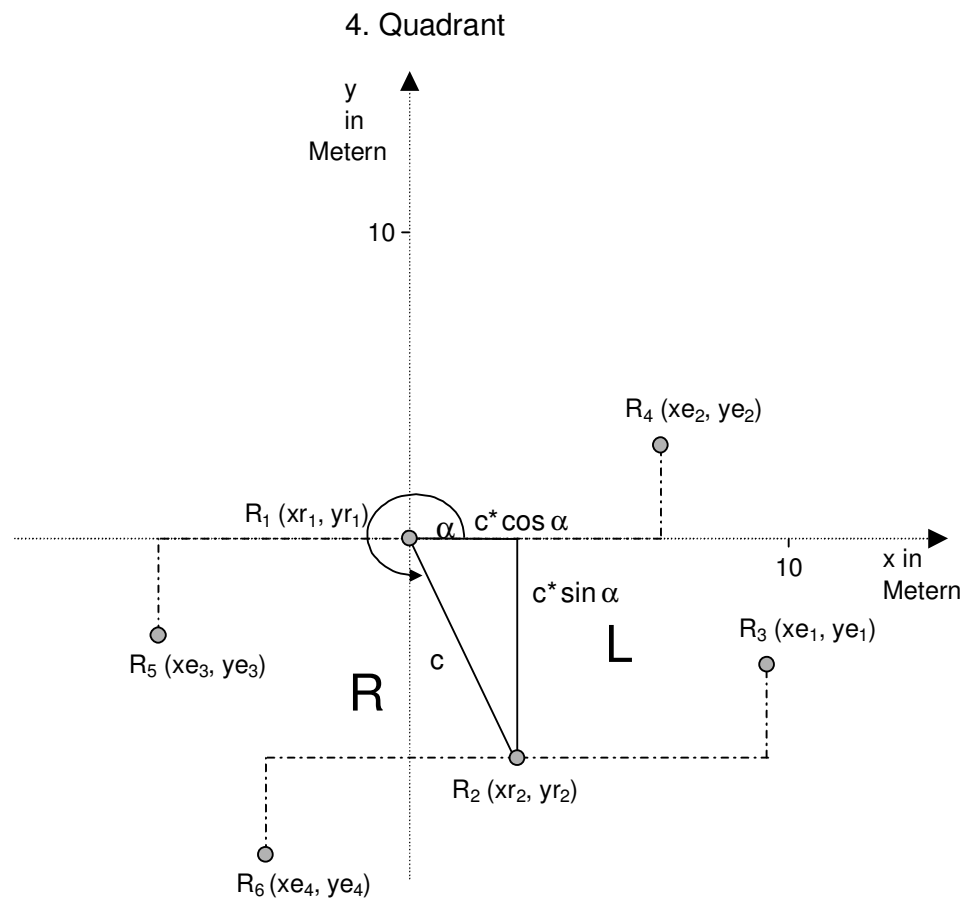
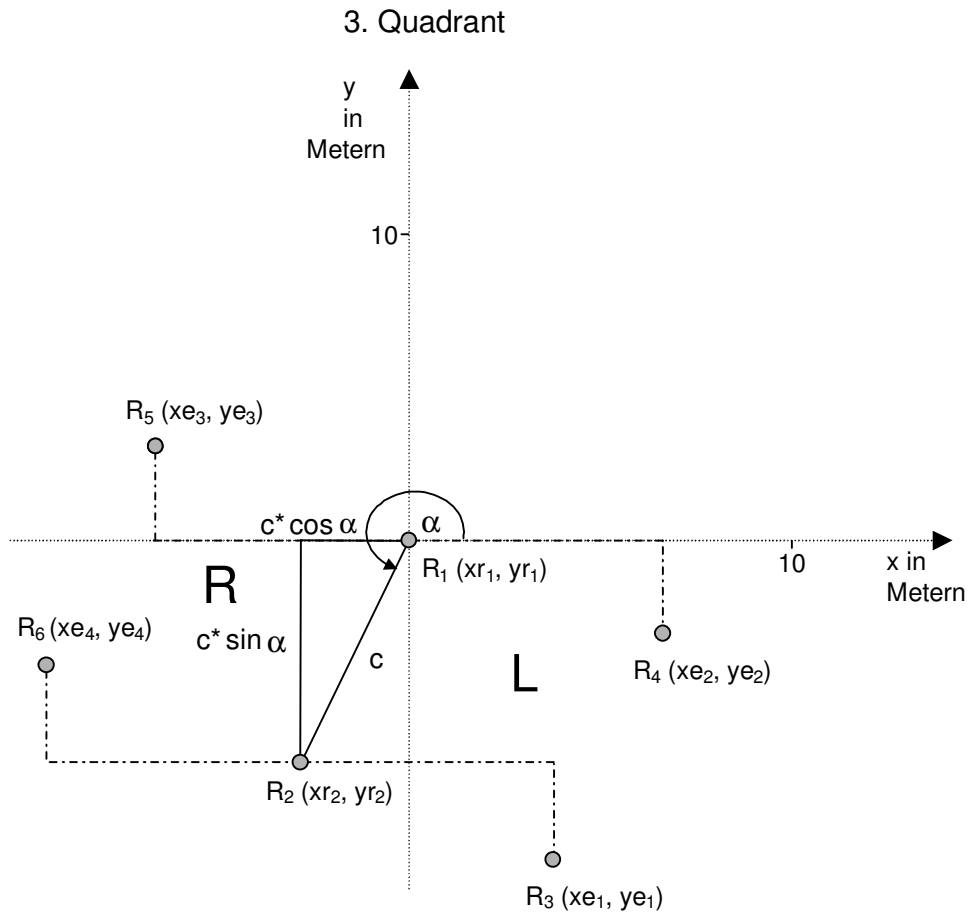


Abb. 33: Berechnung der restlichen Quadranteckpunkte im 3. und 4. Quadranten für die linke Arbeitsbreite (L) und die rechte Arbeitsbreite (R)

Die Koordinaten des dritten (R_3) und vierten (R_4) Quadrateckpunktes der linken Arbeitsbreite lassen sich hierbei in allen Quadranten wie folgt errechnen (siehe Abbildungen 32 und 33):

$$x_{e1} = c \cdot \cos(\alpha) - c \cdot \sin(\alpha) + x_{r1} \quad (16)$$

$$y_{e1} = c \cdot \sin(\alpha) + c \cdot \cos(\alpha) + y_{r1} \quad (17)$$

$$x_{e2} = -c \cdot \sin(\alpha) + x_{r1} \quad (18)$$

$$y_{e2} = c \cdot \cos(\alpha) + y_{r1} \quad (19)$$

hierbei sind:

- x_{e1}, y_{e1} x- bzw. y- Koordinate von R_3
- x_{e2}, y_{e2} x- bzw. y- Koordinate von R_4
- α Winkel, zu dem R_1 und R_2 zueinander stehen

Die Koordinaten des dritten (R_5) und vierten (R_6) Quadrateckpunktes der rechten Arbeitsbreite werden folgendermaßen berechnet:

$$x_{e3} = c \cdot \sin(\alpha) + x_{r1} \quad (20)$$

$$y_{e3} = -c \cdot \cos(\alpha) + y_{r1} \quad (21)$$

$$x_{e4} = c \cdot \cos(\alpha) + c \cdot \sin(\alpha) + x_{r1} \quad (22)$$

$$y_{e4} = c \cdot \sin(\alpha) - c \cdot \cos(\alpha) + y_{r1} \quad (23)$$

hierbei sind:

- x_{e3}, y_{e3} x- bzw. y- Koordinate von R_5
- x_{e4}, y_{e4} x- bzw. y- Koordinate von R_6
- α Winkel, zu dem R_1 und R_2 zueinander stehen

Bei diesen Berechnungen ist zu beachten, dass das Vorzeichen von $\sin(\alpha)$ bzw. $\cos(\alpha)$ in den einzelnen Quadranten wechselt (siehe Tabelle 16 rechts).

Tab. 16: Werte für Sinus und Cosinus bei wichtigen Winkeln und Vorzeichen dieser Funktionen in den einzelnen Quadranten

α	0°	30°	45°	60°	90°	180°	270°	I	II	III	IV
$\sin \alpha$	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2} \sqrt{2}$	$\frac{1}{2} \sqrt{3}$	1	0	-1	+	+	-	-
$\cos \alpha$	1	$\frac{1}{2} \sqrt{2}$	$\frac{1}{2} \sqrt{2}$	$\frac{1}{2} \sqrt{2}$	0	-1	0	+	-	-	+

Im nächsten Schritt werden die restlichen Quadrataußenlinienpunkte für jeden ganzzahligen y-Wert ermittelt. Das Ergebnis dieser Berechnungen für ein Quadrat der linken und rechten Arbeitsbreite zeigt die Abbildung 34. Ein Zahlenbeispiel wird in Tabelle 17 gezeigt. Hierbei

Die errechneten Werte wurden zuvor in dynamische Tabellen, die programmintern aufgebaut werden, je nach Arbeitsbreite eingelesen. Die x-Koordinaten wurden anschließend je y-Wert sortiert. So stehen für eine Arbeitsbreitennummer und Arbeitsbreite für einen y-Wert ein minimaler (x_{\min}) und maximaler (x_{\max}) x-Wert zur Verfügung. „L“ wird als Attribut für Datensätze in der dynamisch aufgebauten Tabelle der linken Arbeitsbreite (AB) vergeben, „R“ für die rechte Arbeitsbreite angefügt (siehe Tabelle 17).

Nach diesem Vorgehen wird die Arbeitsbreitennummer (AB-NR) um eins erhöht. Zudem wird der zweite Quadrateckpunkt (R_2) als erster Quadrateckpunkt der nächsten Berechnung gesetzt. Der letzte Punkt der Fahrgassenpunkte-Datei wird stets als zweiter Eckpunkt eines Quadrates verwendet.

Die Sollvorgaben des auszubringenden Düngers liegen hier in einer ASCII-Datei vor. Diese wird aus einem View auf die Tabelle Teilschlag der gesamtbetrieblichen Datenbank gewonnen (siehe Abschnitt 5.4).

Angaben über den Ort liefern die beiden Spalten der x-Koordinate (KOORDINX) und der y-Koordinate (KOORDINY). Diese haben in der gesamtbetrieblichen Datenbank (GESABEDB) den Datentyp Dezimal, werden aber für die Weiterverarbeitung auf Ganzzahlen gerundet. Diese Koordinaten wurden durch die GIS-Funktion „Calculate Coordinates“ ermittelt und beschreiben den Mittelpunkt eines Quadrates des Datentyps Polygon (siehe Kapitel II Abschnitt 3.3.2.3). Sie wurden zudem in das Bezugssystem Gauß-Krüger transformiert. Weiter ist in der vierten Spalte die N-Sollvorgabe angegeben (SolIEC30; siehe Tabelle 18). Die in Tabelle 18 gezeigten Werte befinden sich in dem Quadrat der Arbeitsbreite (AB) = L, der Fahrgassennummer (FG-NR) = 7 und der Arbeitsbreitennummer (AB-NR) = 2 (siehe Tabelle 17).

Den Datensätzen der Auftragsdatei werden nun die Informationen aus den dynamischen Tabellen, die aus der Fahrgassendatei errechnet wurden, überreicht. An die Auftragsdatei wird die Fahrgassennummer (FG-NR, im Beispiel 7), Arbeitsbreitennummer (AB-NR, im Beispiel 2) und Arbeitsbreite (AB, im Beispiel L für links) übergeben, wo der y-Wert der Sollvorgabedatei gleich einem y-Wert aus den dynamischen Tabellen und sich gleichzeitig der x-Wert der Sollvorgabedatei zwischen x_{\min} und x_{\max} aus den dynamischen Tabellen befindet.

Die so ergänzte Auftragsdatei wird in eine Datenbank gelesen, in der eine durchschnittliche Sollvorgabe je FG-NR, AB-NR und AB errechnet wird. Die neuen Durchschnittswerte (im Beispiel der Tabelle 18 26.31 kg N/ha) werden an die Sollvorgabedatei gehängt. Die so in Fahrgassenrichtung verrechneten Informationen lassen sich erneut durch Beschreiben der .dbf-Datei eines ESRI Shapes im GIS visualisieren (zum Beschreiben der .dbf siehe Abschnitt

Tab. 18: Beispieldatensätze für eine teilflächenspezifische Auftragsdatei (die x- und y-Koordinaten repräsentieren jeweils ein 2m*2m-Polygon)

Polygonid	Koordinx	Koordiny	SolIEC30
...
1111250016292	4479473	5363654	13.17
1111250016293	4479475	5363654	13.17
...
1111250016514	4479473	5363656	23.17
1111250016515	4479475	5363656	23.17
1111250016516	4479477	5363656	23.17
1111250016517	4479479	5363656	23.17
...
1111250016735	4479471	5363658	23.17
1111250016736	4479473	5363658	63.17
1111250016737	4479475	5363658	23.17
1111250016738	4479477	5363658	23.17
1111250016739	4479479	5363658	23.17
...
1111250016957	4479471	5363660	23.17
1111250016958	4479473	5363660	63.17
1111250016959	4479475	5363660	23.17
1111250016960	4479477	5363660	23.17
...
1111250017181	4479475	5363662	16.53
1111250017182	4479477	5363662	23.17
...

5.3; visualisiertes Ergebnis siehe Abbildung 40 in Kapitel IV Abschnitt 2). Die Ergänzung der .dbf-Datei geschieht ebenso mit Hilfe der für das ganze MIS eindeutig definierten Polygonid einer Teilfläche (siehe hierzu auch Liebig, 1999, S. 200 ff.).

Mit dieser hier präsentierten Vorgehensweise wurde eine Möglichkeit entwickelt, mit welcher außerhalb eines GIS eine räumliche Zuordnung verschiedener Informationslagen mit Zahlen-Datentypen möglich ist. Es stellt damit einen ersten Schritt dar, GIS und DBMS für landwirtschaftliche Belange verstärkt zu integrieren.

Soll diese Entwicklung auf die mobile Prozesstechnik übertragen werden, sind noch Änderungen vorzunehmen. Sensoren mit ihren Messwerten (hier REIP) geben über den aktuellen Ernährungszustand der Pflanzen Auskunft. Die Sensoren sind am Schlepper angebracht. Das aufzuspannende Quadrat soll möglichst genau den Feldbereich abgrenzen, den die Sensoren erfasst haben. Der Winkel, in welchem das Quadrat aufzuspannen ist, muss aus dem aktuellen x- und y-Wert und aus gerade zuvor ermittelten x- und y-Werten der Schlepperposition entnommen werden. Es sind ferner Rechtecke mit unterschiedlichen Ausmaßen, je nach aktuell gefahrener Geschwindigkeit zu errechnen. Die Auftragsdatei kann einen einzigen Wert (z.B. aufgrund von Mapping-Daten ermittelte maximale Düngermenge) oder viele Einzelinformationen enthalten. Bei einzelnen Werten (z.B. Bodenfarbe) ist es vorstellbar, die Sensorwerte zuvor noch zu korrigieren, bevor aus diesen mit anderen Informationen z.B. Düngegaben errechnet werden. Die Gaben sind möglichst ortsgenau durch Aktoren (z.B. Düngestreuer) auszubringen. Der örtliche Unterschied der DGPS-Antenne und dem Zentrum des Streubildes z.B. eines Düngestreuers ist für eine möglichst ortsgenaue Ausbringung einzurechnen (Griepentrog und Persson, 2001, S. 671 ff.; ISO, 2001, S. 16). Bei Schleuderdüngestreuern mit

dreidimensionalem Streubild ist eine präzise Ausbringung schwieriger zu erreichen wie bei Auslegedüngerstreuern. Deswegen werden Auslegedüngerstreuer gefordert, die Teilbreiten ansteuern können (Weltzin et al., 2002, S. 159 ff.). Die geschilderte Vorgehensweise liefert einen ersten theoretischen Schritt, relevante Informationen für Teilbreiten z.B. für eine Soll-Vorgabe zur Ausbringung von Dünger mit Hilfe eines Auslegedüngerstreuers zu verrechnen. Weitere Forschungen sollten dahingehend betrieben werden, Ist-Werte auf Teilbreitenebene zur Dokumentation wieder auf das MIS zu bringen und dort in einem GIS im Quadratmeterbereich zu visualisieren. Diese Auflösung der Information ist zudem im Rahmen der Neufassung der Anwendungsbestimmungen zum Schutz terrestrischer Biozönosen oder auch bei Düngegaben in Wasserschutzgebieten relevant (BBA, 2002).

Es gibt verschiedene Übertragungsmöglichkeiten von Sollvorgaben auf die mobile Prozesstechnik: Sollvorgaben werden für jedes 1m*1m-Polygon bis 5m*5m-Polygon mit jeweiligen Koordinaten übertragen (siehe Tabelle 18). Diese Information über die Koordinaten kann speicherplatzarm mit dem DIN 9684-5 Datenobjekt für die Rasterdarstellung zusammengestellt werden. Wenn die Kriging-Funktion auf dem Bordrechner hinterlegt ist, könnten Informationen mit wenigen Ausgangspunktdateien dynamisch auf dem MPS in eine Flächendarstellung überführt werden und dann die Funktion der räumlichen Zuordnung nach obigen Verfahren vollzogen werden.

IV Ergebnisse

1 Versuchsplanung und -auswertung

1.1 Versuchsplanung

Für die Vegetationsperiode 2000/2001 wurde im Rahmen dieser Untersuchung für Winterweizen erstmals im IKB-Projekt rechnerisch in einem ersten Planungsmodell ein Sensor-Ansatz mit Kartenüberlagerung nach DIEPOLDER (1994) und LIEBLER et al. (2001) realisiert. Dieses Modell wird im Folgenden näher besprochen.

Unter Abschnitt Kapitel II Abschnitt 3.4.1 wurde bereits erläutert, dass zum Zeitpunkt einer Düngergabe (z.B. EC 49) zwei wichtige Komponenten für eine angemessene Düngergabe nach DIEPOLDER (1994) zu errechnen sind. Dies ist zum einen der aktuelle N-Versorgungszustand der Pflanzen, welcher mit zeitnahen Reflexionsmessungen abgebildet werden kann (Liebler et al., 2001, S. 689). Zum anderen muss mit teilflächenspezifischen Ertragserwartungen kalkuliert werden, um ausreichend Dünger bis zum nächsten Düngetermin bzw. bis zur Ernte zur Verfügung stellen zu können (siehe Abbildung 23). Unter Kapitel II Abschnitt 2.4.2 wurde erläutert, aus welchen Komponenten sich der Ertrag rein rechnerisch zusammensetzen kann. War der Vegetationsverlauf bis zu EC 49 optimal, ist zu diesem Zeitpunkt noch mit einem maximal möglichen Ertrag zu rechnen, welches nach Besichtigung der Versuchsanlage in der Vegetationsperiode 2000/2001 gegeben war. Um den maximal möglichen Ertrag und somit in dieser Vegetationsperiode auch die Ertragserwartung ermitteln zu können, wurden für jeden Teilstreifen Erträge vergangener Vegetationsperioden analysiert. Teilflächenspezifisch ermittelte Erträge lagen jedoch für den Schlag D22 nur eingeschränkt vor. Dies waren Erträge der Ernte 1998 für Wintergerste, der Ernte 1999 für eine Versuchsanlage mit Winterweizen und 2000 für Versuche mit Silomais. Bei den Jahren mit Versuchsanlagen wurden relative Erträge für jede Variante des Versuches ermittelt. Dies stellt einen Kritikpunkt dar, wurde dennoch wegen einer ungenügenden Datengrundlage vollzogen. Wie aus der Abbildung 35 oben ersichtlich, sind die vom Mähdrescher punktuell erhobenen Daten für 1998 mit Kriging in eine flächenhafte Darstellung überführt worden (weitere Informationen zum Kriging unter Kapitel II Abschnitt 3.3.2.3). Die Ertragswerte als Sachdaten der 2m*2m-Polygone im GIS werden gemittelt durch eine räumliche Zuordnung zu den Sachdaten der Teilstreifen-Polygone der Versuchsanlage 2001 übertragen. Realisiert werden konnte dies

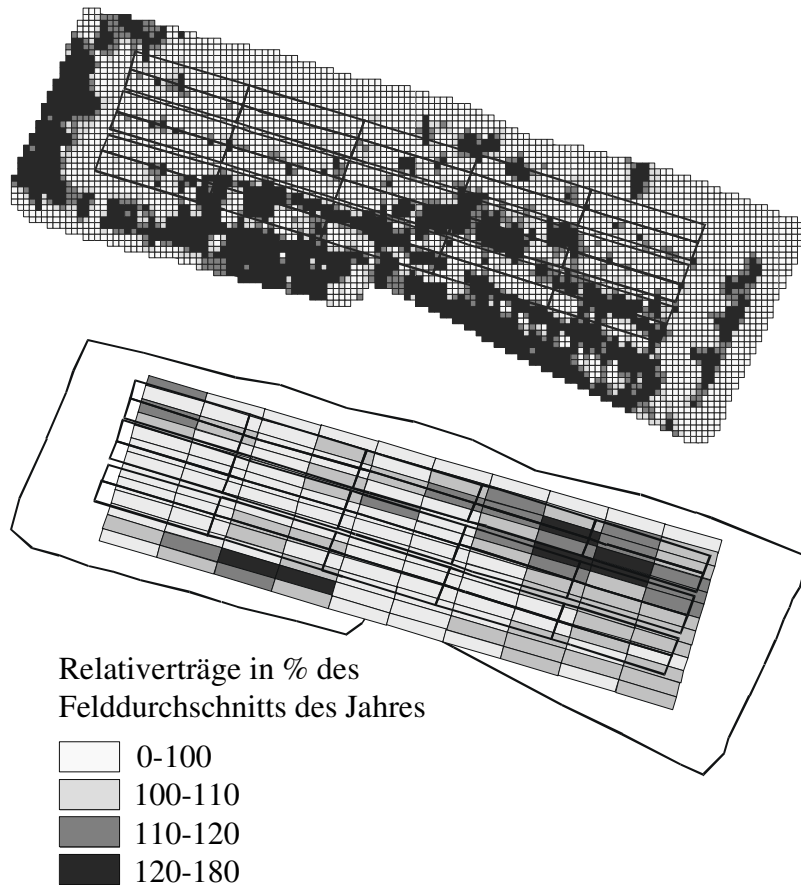


Abb. 35: Relativerträge der Jahre 1998 und 1999 mit Konturen der Versuchsanlage 2001 auf dem Schlag D22 (Datenbasis: Institut für Landtechnik und Lehrstuhl für Pflanzenernährung der Technischen Universität München)

auch bei den Erntewerten der Jahre 1999 und 2000. Jedoch mussten die Sachdaten der Teilstreifen dieser Versuchsanlagepolygone zuerst durch eine räumliche Zuordnung in kleine Quadratpolygone aufgespalten werden. Diese sind dann wiederum gemittelt den Teilstreifenpolygonen der Versuchsanlage 2001 als Sachdaten räumlich zugeordnet worden (siehe Abbildungen 35 und 36).

Von diesen drei Relativerträgen wurde der maximale für die weiteren Berechnungen gewählt (siehe Formel 24). Multipliziert wird dieser Wert mit den durchschnittlichen

Ernteergebnissen für Winterweizen der Jahre 1995 (59,6 dt/ha), 1997 (67,2 dt/ha) und 1999 (54,94 dt/ha), die auf Schlagebene vorlagen. Der errechnete Durchschnittsertrag von 60,58 dt/ha wird gleich 100 % gesetzt. Das Ergebnis stellt eine einfach ermittelte Ertragserwartung für die Teilstreifen der Versuchsanlage 2001 zu den Düngeterminen EC 30 und EC 49 dar (siehe Formel 24).

Errechnete Ertragserwartung ($EE_{ts,f}$) zur Ernte 2001 je Teilstreifen:

$$EE_{ts,f} = \max \left\{ \frac{Ertr_{ts,j}}{Ertr_{s,j}} \right\} * \phi Ertr_{s,j,f} \quad (24)$$

Darin sind:

- $EE_{ts,f}$ = Ertragserwartung eines Teilstreifens (ts) zu EC 49 für die Ernte der derzeit angebauten Frucht (f) 2001 in dt/ha.
- $Ertr_{ts,j}$ = Ertrag des jeweiligen Teilstreifens (ts) und Jahres (j; j = 1: Wintergerste 1998, j = 2: Winterweizen 1999, j = 3: Silomais 2000) in dt/ha.
- $Ertr_{s,j}$ = Ertrag des Schlages (s) und jeweiligen Jahres (j; j = 1: Wintergerste 1998, j = 2: Winterweizen 1999, j = 3: Silomais 2000) in dt/ha.

$\phi\text{Ertr}_{s,j,f}$ = Durchschnittsertrag des Schlags (s) der derzeit angebauten Frucht (f; Winterweizen) der Jahre (j) j = 1: 1995, j = 2: 1997, j = 3: 1999 in dt/ha.

Nach einer Multiplikation des so errechneten erwarteten Ertrages mit einem N-Verwertungsfaktor (kg N/dt Ertrag) wird auf die notwendige Gesamtstickstoffmenge in einer Vegetationsperiode oder einer daraus abgeleiteten N-Gabe geschlossen. Dies wird in Abbildung 23 durch den dunklen Pfeil als Beispiel für eine N-Düngergabe zu EC 30 verdeutlicht. Der gegebene N soll im Beispiel bis EC 49, dem Zeitpunkt des nächsten Düngetermins, ausreichen. Mit diesem Vorgehen hofft man ex ante den Knickpunkt einer limitationalen Produktionsfunktion der aktuellen Produktionsperiode möglichst genau zu treffen. Die Ertragserwartung ist, wie geschildert, nur eine Komponente zur Ermittlung einer angepassten Düngergabe. Über Reflexionsmessungen wird zudem der aktuelle Versorgungszustand des Pflanzenbestandes ermittelt. Möglichst zeitnah zum Düngetermin wurden durch einen Mitarbeiter am Lehrstuhl für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung Reflexionsmessungen durchgeführt und daraus nach Formel 25 der REIP („red edge inflection point“) errechnet (Guyot et al, 1988, S. 750 ff.). Der REIP wird auch als Hauptwendepunkt (HWP) einer Reflexionsmesskurve bezeichnet.

Hierbei ist:

$$\text{REIP} = 700 + 40 * \frac{R_{670} + R_{780} - R_{700}}{R_{740} - R_{700}} \quad (25)$$

$R_{670,700,740,780}$ Reflexion des Tageslichts (in %) im Wellenlängenbereich von 670, 700, 740 oder 780 nm

Der REIP ist eine Kennzahl, die Auskunft über den aktuellen N-Versorgungszustand der Pflanzen gibt. Er wird, wie in obiger Formel beschrieben, durch wichtige Reflexionsgrade an markanten Stellen der Reflexionskurve gebildet. Der REIP gilt als besonders guter Indikator, um die Chlorophyllintensität zu beschreiben (Reusch, 1997, S. 97). Die Chlorophyllintensität wird aber auch von der Bestandesdichte beeinflusst. Wenig gut ernährte Pflanzen je Flächeneinheit liefern gleiche Werte wie zahlreiche unterernährte Pflanzen. Nach visueller Betrachtung der Versuchsanlage wurde festgelegt, dass sich die Bestandesdichten der Teilstreifen zum Zeitpunkt EC 49 nicht wesentlich unterscheiden. Der REIP wird demzufolge hauptsächlich vom Ernährungszustand der Pflanzen beeinflusst. Für die Ertragserwartung wurden drei Klassen gebildet.

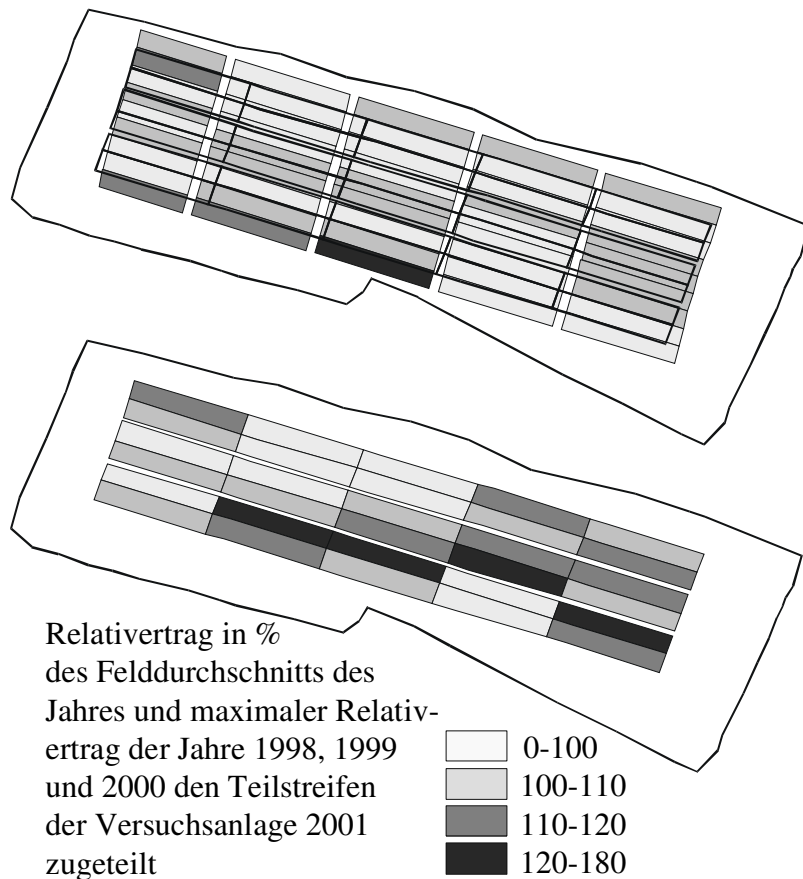


Abb. 36: Relativertrag des Jahres 2000 und maximaler Relativertrag der Jahre 1998, 1999 und 2000 den Teilstreifen der Versuchsanlage 2001 des Schlags D22 zugeordnet (Datenbasis: Institut für Landtechnik und Lehrstuhl für Pflanzenernährung der Technischen Universität München)

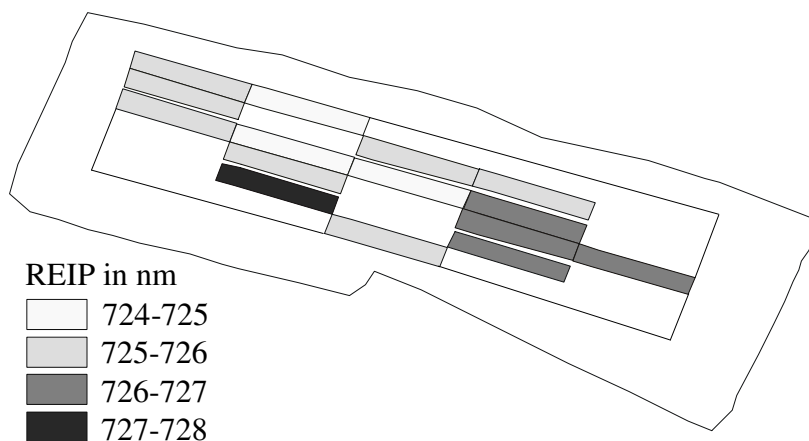


Abb. 37: REIP-Ermittlung für die Precision Farming Variante auf dem Schlag D22 zu EC49 (Datenbasis: Lehrstuhl für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Technischen Universität München). Für die Teilflächen der flächeneinheitlichen Variante wurden keine Werte erhoben.

- Als Niedrigertragsstandorte werden Teilflächen mit einer Ertragserwartung bis 65 dt/ha bezeichnet.
- Für Teilstreifen, die sich auf durchschnittlichen Standorten befinden, geht man von Erträgen zwischen 65 und 75 dt/ha aus.
- Als Hohertragsstandorte werden Teilflächen mit einer Ertragserwartung über 75 dt/ha bezeichnet.

Bei Niedrigertragsstandorten wurde im Mittel ein REIP von 725.2 nm gemessen. Bei Standorten mit durchschnittlicher Ertragserwartung ein REIP von 725.6 nm. Ein durchschnittlicher REIP von 726.6 nm konnte bei den Hohertragsstandorten ermittelt werden. Aus den gemessenen Mittelwerten wurde der Soll-REIP (SREIP) je Ertragserwartungskategorie abgeleitet:

- Pflanzenbestände im Niedrigertragsbereich

mit einem gemessenen REIP von 725,5 nm wurden für diesen Schlag als aktuell optimal versorgt angesehen.

- Ein REIP von 726 nm zeigt einen aktuell optimal versorgten Durchschnittsertragsstandort.
- Für einen Hohertragsstandort galt für den Schlag ein REIP von 727 nm als Indikator für einen optimal versorgten Pflanzenbestand (siehe Formel 26).

Die Abweichung eines gemessenen Ist-REIPs (IREIP) in einem Teilstreifen zum SREIP der entsprechenden Ertragserwartungsklasse wird als aktuelle Über- bzw. Unterversorgung interpretiert. Ist der Ist-REIP höher als Soll-REIP geht man von einer Überversorgung aus, bei geringerem IREIP im Vergleich zum SREIP deutet man eine aktuelle Unterversorgung des Teilstreifens (siehe Abbildung 23 hellgrauer Pfeil). Könnten Gesetzmäßigkeiten bei REIP-Messungen eines optimal versorgten Bestandes über unterschiedliche Jahre und verschiedene Schläge hinweg festgestellt werden, wäre eine Automatisierung der Ermittlung eines Soll-REIPs über Näherungsgleichungen möglich.

Nach LIEBLER et al. (2001, S. 939) ist für die angebaute Sorte Pegassos eine Abweichung von 1 nm des IREIP zum SREIP bei EC 49 mit einer Differenz der N-Aufnahme der Pflanzen von etwa 25 kg N/ha gleichzusetzen. Dieser Umrechnungsfaktor wird in der Formel 26 mit fa bezeichnet. Realistische Werte befinden sich hierbei zwischen einer Überversorgung des Bestandes von 5 kg N/ha und einer Unterversorgung von bis zu 20 kg N/ha. Für die Sorte Pegassos wurde im Versuchsjahr bei einer Abweichung von 1 nm des IREIP mit einer Über- bzw. Unterversorgung von 22 kg N/ha gleichgesetzt. Werte, welche außerhalb der realistischen Spanne errechnet wurden, sind auf die zugelassenen Extremwerte korrigiert worden. Das Ergebnis wird schließlich auf Zehnereinheiten gerundet.

Vereinfachend wird hierbei die N-Aufnahme der Pflanze gleichgesetzt mit der zu düngenden N-Menge. Etwaige Verluste durch z.B. Auswaschung wurden in diesem Modell nicht berücksichtigt.

Errechnete Düngergabe (DG_{ts}) je Teilstreifen für die Variante 5 zu EC 49 (Pseudocode):

IF ($EE_{ts,f} < 65$)

$$SREIP_{ts} = 725.5;$$

$$DG_{ts} = (SREIP_{ts} - IREIP_{ts}) * fa + NB_{ts} - \text{Abschlag}_{ts};$$

ELSE IF ($65 \leq EE_{ts,f} < 75$)

$$SREIP_{ts} = 726.0;$$

$$DG_{ts} = (SREIP_{ts} - IREIP_{ts}) * fa + NB_{ts} - \text{Abschlag}_{ts};$$

ELSE ($EE_{ts,f} \geq 75$)

$$SREIP_{ts} = 727.0;$$

$$DG_{ts} = (SREIP_{ts} - IREIP_{ts}) * fa + NB_{ts} - \text{Abschlag}_{ts};$$

END IF

(26)

Darin sind:

- $EE_{ts,f}$ = Ertragserwartung eines Teilstreifens (ts) zu EC 49 für die Ernte der derzeit angebauten Frucht (f) 2001 in dt/ha.
- $SREIP_{ts}$ = Soll-Kennzahl ermittelt aus Reflexionsmessungen in nm als Indikator für einen aktuell optimalen N-Versorgungszustand der Pflanzen eines Teilstreifens (ts).
- $IREIP_{ts}$ = Ist-Kennzahl ermittelt aus Reflexionsmessungen in nm für jeden Teilstreifen (ts).
- fa = Umrechnungsfaktor von Soll-Ist-Abweichung in nm zu einer aktuellen Unterversorgung (+) bzw. Überversorgung (-) der Pflanzen in kg N/ha eines Teilstreifens (nach Liebler et al., 2001, S. 939).
Akzeptierte Spanne der Werte: +20 bis -5 kg N/ha.
- NB_{ts} = N-Bedarf der Pflanze zwischen EC 49 und Ernte in Abhängigkeit von der Ertragserwartung als $EE_{ts} - 10$ in kg N/ha (nach Diepolder, 1994, S. 152).
- Abschlag_{ts} = bei Teilstreifen mit einer nfk < 140 mm wird wegen einem höheren Nitratauswaschungspotentials ein Abschlag bei der Düngergabe von 10 kg N/ha vorgenommen.

Der Schlag D22 weist eine bedeutende Variabilität bei der nutzbaren Feldkapazität auf. Die punktuell erhobenen Werte stammen aus einer Bodenkartierung. Mit Kriging für 2m*2m-Polygon wurden diese Punktdaten im GIS in Aussagen für den gesamten Schlag überführt. Die Werte der Polygone wurden wiederum gemittelt den Teilstreifen der Versuchsanlage 2001 zugeordnet (siehe Abbildung 38). Die Werte schwanken zwischen 128 und 156 mm. „Im Mittel kann man bei landwirtschaftlich genutzten Böden von jährlichen Sickerwassermengen zwischen 150 und 300 l/m² ausgehen“ (Rohmann und Sontheimer, 1985, S. 114). Das Nitratrückhaltevermögen ist bei diesen Sickerwassermengen nach WOHLRAB et al. (1992, S. 293) bei nfk-Werten von 90-140 mm als gering und bei 140-200 mm als durchschnittlich zu bezeichnen. Aufgrund dessen wurden die N-Düngergaben bei Teilstreifen mit weniger als 140 mm aus ökologischen Gesichtspunkten mit einem Abschlag von 10 kg N/ha versehen (siehe Formel 26).

Alle für die Berechnung der Düngergabe relevanten Daten sind nochmals in Anhang H zusammengestellt.

Die so errechneten Düngergaben werden derzeit dem Schlepperfahrer noch manuell übermittelt, da eine automatische Datenübertragung auf die mobile Prozesstechnik erst in der zweiten Antragsphase des IKB Dürnast vorgesehen ist.

Erläuterungen zu den Möglichkeiten der Datenübertragung und die Weiterverarbeitung auf dem MPS sind unter Kapitel III Abschnitt 6 zu finden.

1.2 Versuchsauswertung

Wie aus der Abbildung 39 und Anhang H ersichtlich, können die Ergebnisse noch nicht zur Zufriedenheit führen. Bei etwa gleichen Düngemengen der einheitlichen (159 kg N/ha) und der teilflächenspezifischen Variante (160 kg N/ha) konnten nur etwa gleiche Erträge erzielt werden. Die teilflächenspezifische Variante erzielte einen Ertrag von 89 dt/ha, die flächeneinheitliche Variante von 90 dt/ha. Sowohl ökonomische wie ökologische Ziele, ausgedrückt durch Deckungsbeiträge, N-Saldo und N-Effizienz, konnten durch die Precision Farming-Variante demzufolge nicht verbessert erreicht werden.

Da es Probleme bei der technischen Umsetzung des Versuches gab, und dadurch nicht die

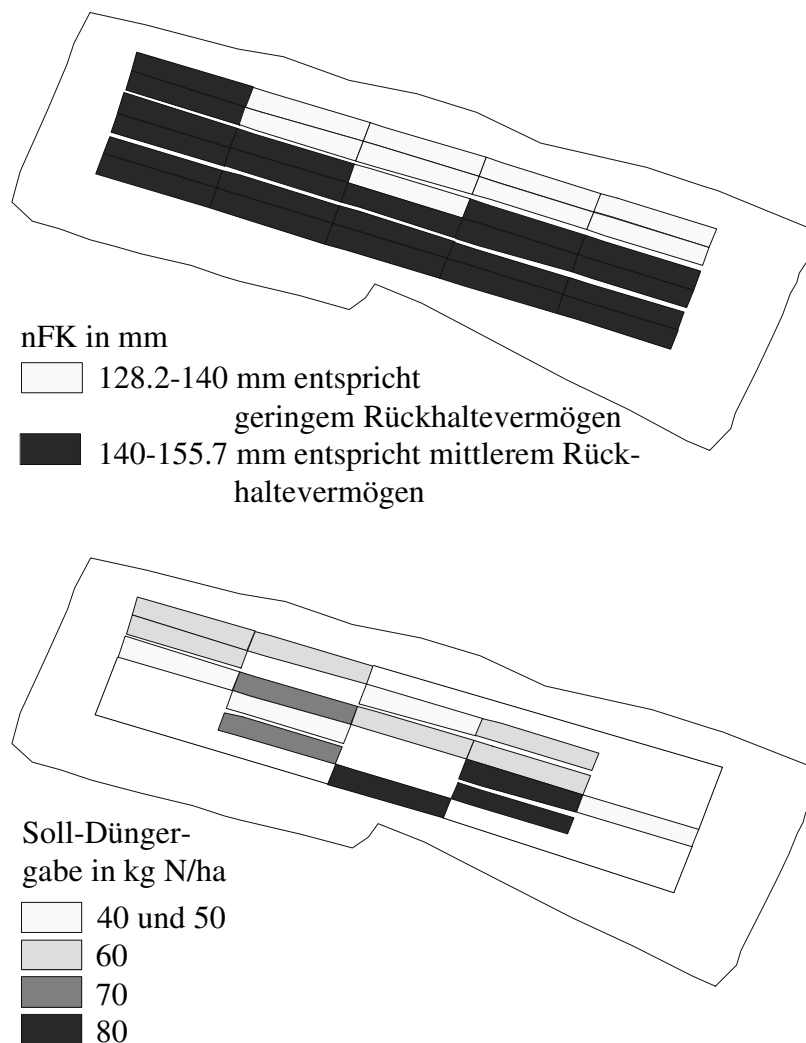


Abb. 38: Nfk-Werte der Teilstreifen der Versuchsanlage 2001 (oben; Datenbasis: Lehrstuhl für Bodenkunde und Lehrstuhl für Pflanzenernährung der Technischen Universität München) und errechnete Düngergaben für die Teilstreifen zu EC 49. Die Teilflächen der Soll-Düngergabe der flächeneinheitlichen Variante wurden nicht visualisiert (unten).

geplante durchschnittliche Gesamt-N-Menge von 180 kg N/ha ausgebracht werden konnte, ist ex post davon auszugehen, dass man sich links vom Ertragsmaximum sowohl beim Hohertragsstandort, als auch beim Niedrigertragsstandort befand (siehe Abbildung 7 unten).

Aufgrund der Ergebnisse lässt sich folgern, dass der unter Kapitel II Abschnitt 2.4.1 erläuterte Verlauf einer neoklassischen Produktionsfunktion angenommen werden kann. Das Mehr an Dünger im Hohertragsbereich konnte die Ertragseinbußen durch Abzug von Dünger im Niedrigertragsbereich nicht kompensieren. Um zumin-

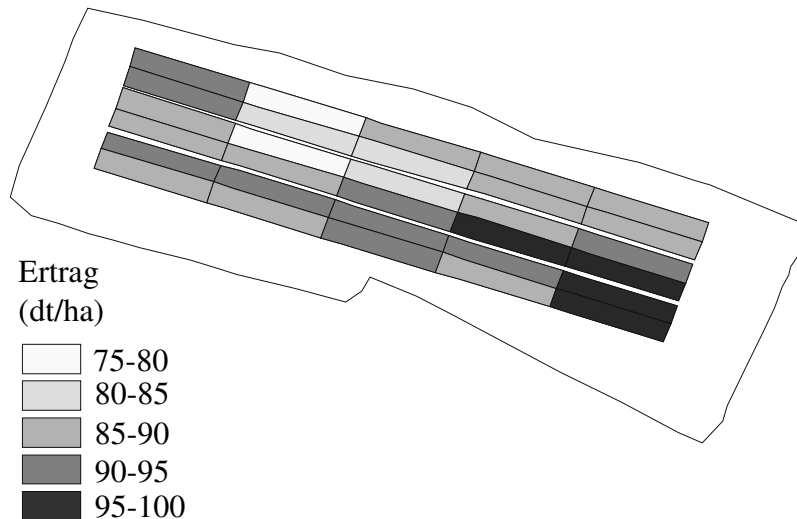


Abb. 39: Ernteergebnisse des Jahres 2001 des Schlages D22, visualisiert im GIS (Datenbasis: Lehrstuhl für Pflanzenernährung der Technischen Universität München)

dest ökologische Ziele verbessert erreichen zu können, wäre anzuraten, den eingesparten Dünger des Niedrigertragsbereichs nicht mit umgekehrten Vorzeichen im Hohertragsbereich einzusetzen.

Auch die Annahme, dass der relative Maximalertrag unterschiedlicher Jahre und Früchte hinreichend den Punkt der optimalen spezi-

ziellen Intensität finden kann, ist zu überdenken. Auch ertragsschwache Standorte können einmalig gute Erträge bringen. Dies sind z.B. sandige, auf einer Kuppe liegende Böden in regenreichen Jahren. Produktionsfunktionen, die aufgrund mehrjähriger Ertragskartierung und variiertes, protokollierter Düngegaben ermittelt werden, könnten Verbesserungen für zukünftige Planungsmodelle bewirken. Diese Aussagen sind durch weitere Versuchsanstellungen zu testen.

Zudem kann eine optimierte Kalkulation des in Abbildung 22 gezeigten N-Kreislaufs zu besseren Ergebnissen führen. Zu nennen sind diesbezüglich das Einbinden von Wetterdaten, -szenarien und Wachstumsmodellen auf Teilflächenebene (Engel, 1997, S. 176 f.).

Dies ist Aufgabe von Projekten der 2. Antragsphase im IKB Dürnast.

Grundproblem bleibt (nach wie vor) immer, wie unter Kapitel II Abschnitt 2.4.2 geschildert, dass das wichtige Teilziel Tausendkorngewicht erst nach den Düngemaßnahmen ausgebildet wird und stark von der Störgröße Witterung abhängig ist.

2 Erste Schritte für die Weiterverarbeitung der Daten auf der mobilen Prozesstechnik

Die unter Kapitel III Abschnitt 6 vorgestellte Realisation der Ausrichtung von Informationen auf Fahrgassen wurde für Daten des Jahres 2000 des Schlages Schafhof, auch S4 bezeichnet, durchgeführt. Zur Einordnung des Vorganges im Rahmen des gesamten MIS sei auf Abbildung 25 unten rechts verwiesen. Abbildung 40 zeigt auf der linken Seite eine aus Sensordaten und ehemaligen Erträgen ermittelte Sollvorgabe. Die durch Kriging ermittelte Flächendarstellung der Erträge mit 2m*2m-Polygonen schwankt innerhalb weniger Quadratmeter sehr stark. Dies schlägt sich auf die zu düngende Sollvorgabe nieder. Durch die unter Kapitel III Abschnitt 6 vorgestellte Funktion der Ausrichtung von Informationen auf Fahrgassen und Teilarbeitsbreiten werden über die Arbeitsbreitenbezeichnung, Arbeitsbreitennummer und die Fahrgassennummer eindeutig identifizierbare etwa 7,5m*7,5m große Quadrate in Fahrgassenrichtung aufgespannt. Diese eindeutig kennzeichnenden Informationen werden den entsprechenden 2m*2m-Sollvorgabepolygonen übergeben. Mit Hilfe einer Datenbankfunktion lässt sich der Durchschnittswert einer Sollvorgabe je Arbeitsbreitenbezeichnung, Arbeitsbreitennummer und Fahrgassennummer ermitteln. Dieser Durchschnittswert wird erneut den 2m*2m-Sollvorgabepolygonen übergeben (siehe Kapitel III, Abschnitt 6). Die 2m*2m-Sollvorgabepolygone werden nachfolgend wieder im GIS visualisiert (Abbildung rechts).

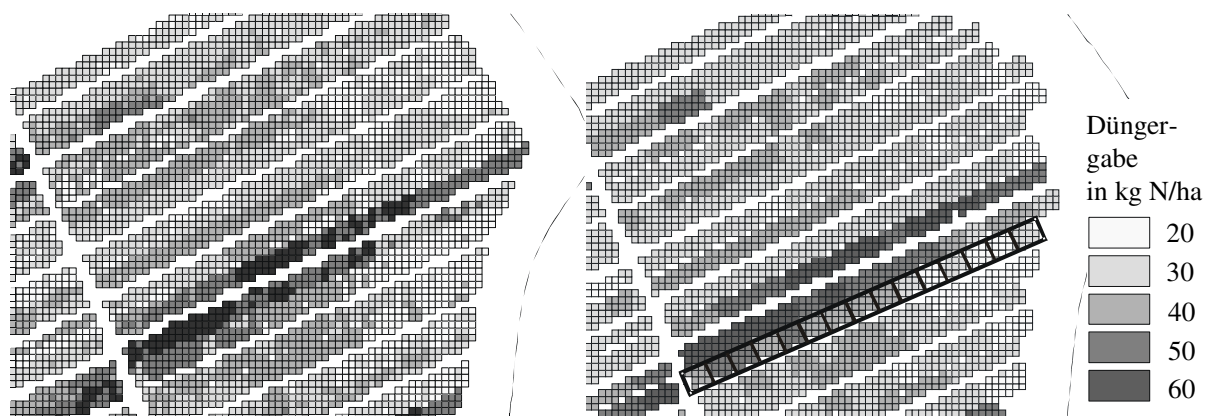


Abb. 40: Aus Sensordaten und ehemaligen Erträgen errechnete Düngergabe für die Streifenversuchsanlage Schafhof des Jahres 2000 (links) und der Datenoutput der Funktion (rechts; errechnete Quadrate, die in Richtung der Fahrgasse ausgerichtet und in sich homogen sind, werden zur Verdeutlichung für eine Teilarbeitsbreite gezeigt; Datenbasis: Institut für Landtechnik und Lehrstuhl für Pflanzenernährung der Technischen Universität München)

3 Datentransfer zu und von einer Kostenrechnung

Es wurden N-Dünge- und Erntedaten des Schlages D1 für das Jahr 2001 zum Zwecke einer langjährigen Kostenrechnung für SISCA aufbereitet. Eine Zusammenstellung fand nach der unter Kapitel III Abschnitt 5.1.2 geschilderten Vorgehensweise statt. Zur Einordnung des Vorganges im Rahmen des gesamten MIS siehe Abbildung 25 rechts oben.

Das MIS ist nicht zwingend auf SISCA oder eine andere Kostenrechnung angewiesen. Wichtige Preise können in der Tabelle Kostenart oder übliche Fixkosten eines Betriebes in der Tabelle Betrieb unabhängig von besagten Komponenten in die gesamtbetriebliche Datenbank abgelegt werden (Kapitel III Abschnitt 4.1.2, Tabelle 8 und 11). Derartige Werte stehen in der Fachliteratur bzw. aus Aufzeichnungen, die unabhängig von Kostenrechnungen getätigt wurden, i.d.R. zur Verfügung.

Wie unter Kapitel III Abschnitt 3 gezeigt, können den punktuell erhobenen Daten des MPS Sachdaten von Teilflächenpolygonen hinzugefügt werden (siehe Abbildung 30). Beim Import der Punktdaten in die gesamtbetriebliche Datenbank wurden durchschnittliche Werte z.B. einer Düngergabe oder von gemessenen Erträgen je Polygonid ermittelt (siehe Kapitel III, Abschnitt 4.1; Übersicht 3). Sind keine markanten Teilflächen vorhanden, ist es für mehrjährige Kostenrechnungen sinnvoll, Punktdaten auf 30m*30m-Polygone zu aggregieren. Bei dieser Polygongröße ist nach Untersuchungen von JÜRSCHICK et al. (1998, S. 217) mit guten Korrelationen bei Vergleichen von Erträgen zwischen den Jahren zu rechnen. Es ist davon auszugehen, dass dies ebenso für Leistungs-Kostendifferenzen gilt, für deren Berechnung der naturale Ertrag einen sehr wichtigen Faktor darstellt. Derzeit können für die Berechnung von Leistungs-Kostendifferenzen im Rahmen des IKB Dürnast v.a. teilflächenspezifisch erhobene Erträge und Düngegaben herangezogen werden. Diese punktuell erhobenen Informationen liegen je Teilfläche gemittelt beständig in der gesamtbetrieblichen Datenbank (GESABEDB). Um Deckungsbeiträge auf Teilschlagebene visualisieren zu können, wird eine Abfrage auf die Tabellen Artikelarbeitsgänge (ARTARBGA) und Kostenart zusammengestellt:

```
Create view LKGIS as select jahr, monat ,tag, artarbga.kostenart, menge, polygonid, einheit, preis from artarbga, kostenart where jahr=2001 and monat>1 and monat < 9 and artarbga.kostenart=kostenart.name
```

Nach einem Datenexport dieses Views können die Mengen und Preise der Düngemaßnahmen und Erntemaßnahmen in die .dbf-Datei des entsprechenden ESRI Shapes je nach Polygonid eingetragen werden (siehe Kapitel III Abschnitt 5.3; Abbildung 31). Durch Aktivieren des

Shapes in einem GIS lassen sich die Werte dann visualisieren (Abbildung 41 oben und Mitte für die Mengen).

Bei den in Abbildung 41 gezeigten teilflächenspezifischen Informationen der Düngemaßnahme vom 14.5.2001 und der Ernte vom 16.8.2001 auf dem Schlag D1 ist ein Problem erkennbar: Es wurden nicht immer gleiche Teilflächen durch die Bewirtschaftungsmaßnahmen erfasst. Deswegen wird nach dem Datenexport des Views Leistungs-Kostenrechnungsdaten für ein GIS (LKGIS) nach folgender Formel der Deckungsbeitrag in einem Tabellenkalkulationsprogramm ermittelt:

WENN (UND (Ertrag_{ts}>0, Düngegabe_{ts}>0), (Ertrag_{ts} * Preis_{Ertrag}) + (Düngegabe_{ts} * Preis_{Düngegabe}), -9999)

Nur wenn Werte größer 0 für einen Teilschlag (ts) sowohl für die Erntemenge als auch für die Düngemenge vorhanden sind, werden Deckungsbeiträge durch Verrechnen der Preise mit den Mengen ermittelt (siehe Abbildung 41 unten). Andernfalls wird für diesen Teilschlag der für Deckungsbeiträge unmögliche Wert -9999 vergeben. Für Positionen, die Leistungen darstellen, sind in der Tabelle Kostenart positive Werte in der Spalte Preis hinterlegt (im Beispiel 110 Euro/t Winterweizen). Für Positionen, die Kosten darstellen, werden statt dessen negative Werte in der Spalte Preis der Tabelle Kostenart vergeben (im Beispiel -12 Euro/dt KAS).

Auf eine weitere Fehlerquelle bei der Verrechnung von teilflächenspezifisch ermittelten Daten der mobilen Prozesstechnik z. B. für Leistungs-Kostendifferenzen sei an dieser Stelle hingewiesen. Bei der Überführung punktuell erhobener Daten des MPS zu Aussagen über Flächen mit Hilfe der Kriging-Funktion (siehe Kapitel II Abschnitt 3.3.2.3) muss ein Polygon angegeben werden, in welchem die Funktion zur Anwendung kommen soll. Dies ist i.d.R. die Schlaggrenze. Es wird dadurch möglich, dass auch auf Teilflächen, wo keine Bewirtschaftungsmaßnahme durchgeführt wurde, durch Kriging Werte kalkuliert werden. Dies würde zu Kosten bzw. Leistungen für Bewirtschaftungsmaßnahmen auf diesen Teilflächen führen, wo diese tatsächlich nicht angefallen sind. Es müssen in diesem Fall Polygone von Teilflächen, auf die sich die Kriging-Funktion beziehen kann, gebildet werden, wo die entsprechenden Maßnahmen auch tatsächlich durchgeführt wurden. Die Erstellung des Polygons kann bisweilen sehr arbeitsintensiv sein. Zudem müsste, wie unter Kapitel III Abschnitt 2.2 bereits geschildert, in Zukunft auch automatisiert erkannt werden, ob Teilflächen bewusst im Arbeitsstatus mehrfach überfahren wurden.

Verallgemeinernd gesprochen ist hieraus der Bedarf ersichtlich, punktuell erhobene Daten den realen landwirtschaftlichen Gegebenheiten entsprechend zu Aussagen über Flächen zu überführen. Hier besteht noch weiterer Entwicklungsbedarf.

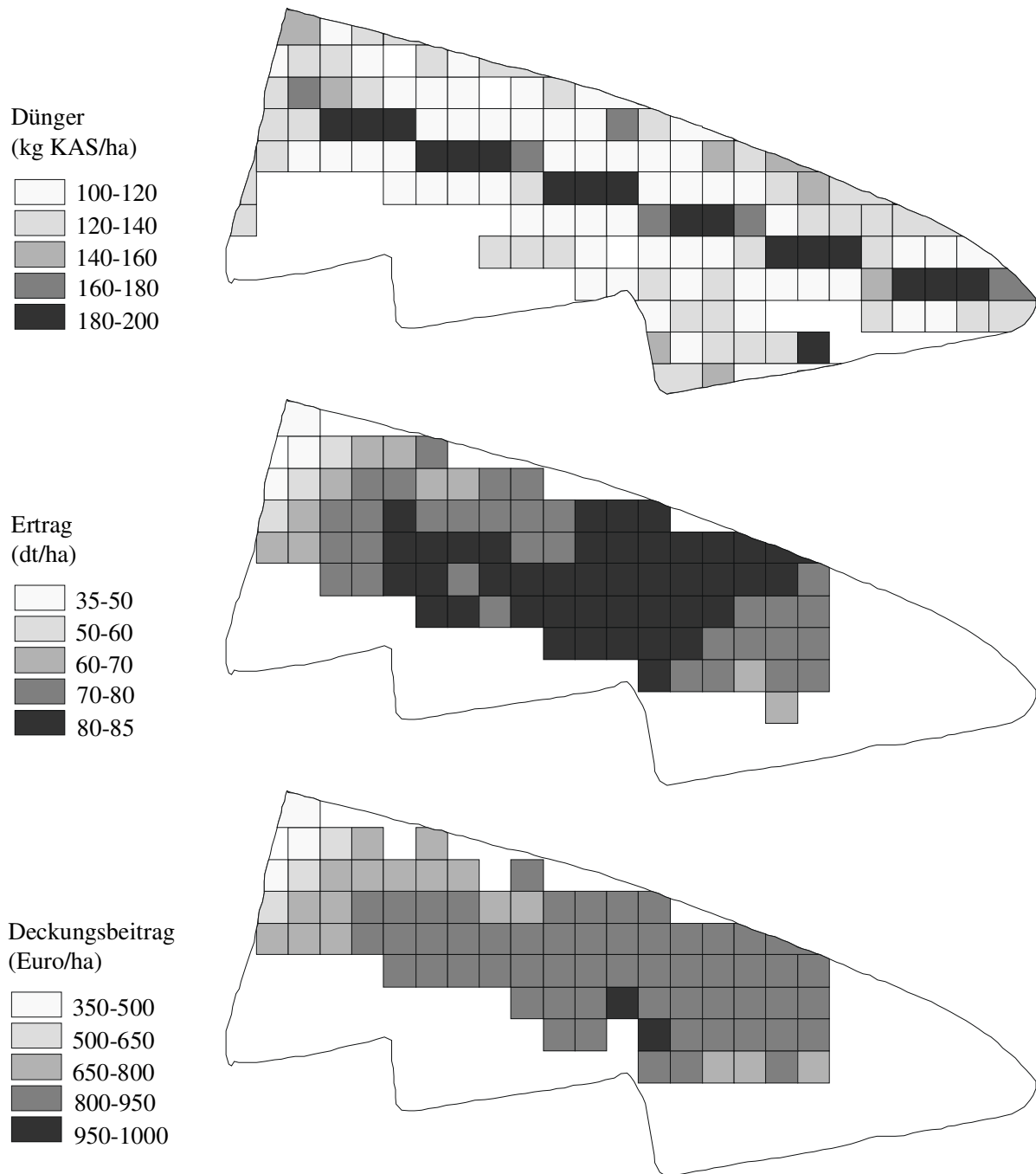


Abb. 41: Düngegaben und Erträge auf 30m*30m-Polygone zum Zwecke einer langjährigen Ist-Kostenrechnung verrechnet (oben und mitte) und daraus errechneter Deckungsbeitrag (unten; Datenbasis: Institut für Landtechnik).

V Zusammenfassung

Aufgabe der vorliegenden Arbeit ist es, ein Management-Informationssystem zur Entscheidungsunterstützung für Precision Farming-Maßnahmen aufzubauen. Als erstes wurden hierzu die Begriffe „Management“ und „Informationssystem“ erläutert (Abschnitt Kapitel II Abschnitt 1). Management wird in dieser Arbeit als Rückkopplungsprozess angesehen, bei dem zuerst Ziele zu definieren sind. Laut Agenda 21 sind auch bei der Landbewirtschaftung gleichermaßen ökonomische, ökologische und soziale Ziele zu verfolgen. Precision Farming hat das Potential technischen Fortschritt zu bewirken durch welchen i.d.R. diese konträren Ziele verbessert erreicht werden können (Abschnitt Kapitel II Abschnitt 2). Durch verschiedene Planungsmodelle, in denen unterschiedliche Alternativen ex ante kalkuliert werden, wird versucht die Zielerreichung besser abschätzen zu können. Eine Alternative wird ausgewählt, für welche Soll-Vorgaben errechnet werden. Störgrößen verhindern, dass die Ist-Werte exakt den Soll-Vorgaben entsprechen. Durch einen Vergleich der Soll- mit den tatsächlich gemessenen Ist-Werten können Realisationen kontrolliert werden. Falls sich Abweichungen ergeben, müssen diese bewertet werden. Als Folge müssen Ziele neu definiert werden, die Planungsmodelle korrigiert und wiederum anstehende Entscheidungen durch „Lernen“ verändert werden.

Nach diesen allgemeinen Betrachtungen wird aus der Literatur zusammengefasst, welche Entscheidungsmöglichkeiten bei Precision Farming anfallen.

Als erste Anforderung an ein Precision Farming-MIS kann gefolgert werden, dass je nach Entscheidung bei einer Bewirtschaftungsmaßnahme unterschiedliche Teilflächen eines Schlags angesprochen werden müssen. Teilflächen, als unterste zu leitende Einheit, können für wenige Sekunden bis zu mehreren Jahren für das Management bedeutend sein (siehe Kapitel II Abschnitt 2.7.7). Die relevante räumliche Auflösung für Managementaufgaben kann von etwa 1 m² bis zu mehreren Hektar betragen. Ansätze für eine teilflächenspezifische Stickstoffdüngung stehen im IKB Dürnast im Mittelpunkt, in dessen Rahmen diese Arbeit entstanden ist (Auernhammer et al., 1999, S. 1 ff.). Für folgende Erläuterungen stand daher das Management für eine teilflächenspezifische N-Düngung zwischen EC 30 und 55 nach einem „Sensor-Ansatz mit Kartenüberlagerung“ im Mittelpunkt der Ausführungen. Ein Planungsmodell für diesen speziellen Ansatz ist im MIS integriert worden, um exemplarisch Anforderungen an das MIS zu konkretisieren. Probleme in den Planungsmodellen bei allen Precision Farming-Bewirtschaftungsmaßnahmen wurden zuvor in Kapitel II Abschnitt 2.4 erörtert. Insbesondere bei der Verwendung von Produktionsfunktionen als Bestandteil von Planungsmodel-

dellen auf der taktischen Ebene besteht weiter Forschungsbedarf (siehe Kapitel II Abschnitt 2.4.1; u.a. Wagner, 1999a). Ein weiterer Ansatz zur Planung von Bewirtschaftungsmaßnahmen auf der operativen Ebene wurde in Kapitel II Abschnitt 2.4.2 veranschaulicht (Heyland, 1991, S. 206; Roth und Kühn, 2002, S. 225 ff.). Diese Ansätze fanden bei der Erstellung des Planungsmodells für den „Sensor-Ansatz mit Kartenüberlagerung“ Beachtung. Das erstellte Planungsmodell kann nur als erster Schritt gesehen werden. Verbesserungen sind durch weitere Versuchsanstellungen und Modellanpassungen erforderlich.

Im zweiten großen Abschnitt des theoretischen Teils (Kapitel II Abschnitt 3) werden die Software, die benötigten Daten und Datenströme dargestellt, um ein MIS für Precision Farming-Entscheidungen aufbauen zu können. Die einzelnen Komponenten werden vertieft beschrieben und auf derzeitige Probleme v.a. bei der Datenhaltung und beim Datentransfer aufgezeigt. GIS verwenden andere Datentypen und Funktionen, die in eigenen Dateisystemen oder Datenbanken gehalten werden. GIS-Programme sind zudem komplex bei der Handhabung. Bei derzeitigen Systemen müssen deshalb die Informationen in mehreren Datenbanken oder Dateisystemen gehalten werden (Böttinger und Schwaiberger, 2000, S. 165 ff.; Schwaiberger, 2001, S. 198 und 210). Dies fördert die Gefahr der Datenredundanz und der damit verbundenen Datenintegrität. Beim Datentransfer zwischen derzeitigen Systemen des MIS und MPS bestehen des weiteren Abstimmungsprobleme, da die hierzu vorgesehene DIN 9684 nur Teilbereiche abdeckt und an anderen Stellen die Entwickler zu sehr einengt (Schmidt, 1999, S. 10; Ludowicy et al., 2002, S. 106 f.).

Am Ende des theoretischen Teils (Kapitel II Abschnitt 4) wird deshalb in einem Ausblick veranschaulicht, wie zukünftige MIS für Entscheidungen im Precision Farming aufgebaut werden können. Es wird hierbei gefordert, dass die wichtigsten GIS-Funktionen komplett in einer einzigen RDBMS, auf die auch alle Auswertungskomponenten zugreifen, integriert werden, um v.a. die Benutzerfreundlichkeit zu erhöhen. Um das komplette Konzept realisieren zu können besteht jedoch noch Forschungsbedarf. Eine Möglichkeit wird dennoch unter Kapitel III Abschnitt 6 gezeigt, um die wichtigste GIS-Funktion, die räumliche Zuordnung, mit Hilfe von Zahlen-Datentypen zu bewerkstelligen (Kapitel III Abschnitt 6). Dies kann als ein erster Schritt für eine komplette Integration von GIS-Funktionen und Funktionen von Auswertungskomponenten bei Zugriff auf eine einzige RDBMS verstanden werden. Die hier entwickelte Funktion der Ausrichtung von Informationen in Fahrgassenrichtung und Teilarbeitsbreiten kann zudem in abgeänderter Form verwendet werden, um die automatische Ab- und Zuschaltung von Teilarbeitsbreiten z.B. bei Pflanzenschutzmaßnahmen realisieren zu

können. Eine derartige Möglichkeit gewinnt beim Vollzug der Neufassung der Anwendungsbestimmungen zum Schutz terrestrischer Biozöosen an Bedeutung (BBA, 2002). Hier sind unter bestimmten Bedingungen 5 m Abstand bei der Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln zu benachbarten Flächen einzuhalten. Könnten zudem die Ist-Werte für jede Teilbreite auf das MIS übermittelt werden, besteht die Möglichkeit den Vorgang zu protokollieren.

Der Hauptaufgabe der Forschungstätigkeit, der Erstellung und Dokumentation eines Management-Informationssystems wird im praktischen Teil (Kapitel III und IV) nachgegangen. Beim derzeitigen MIS wird noch mit einer Datenhaltung in Dateisystemen für ein GIS und mit einer Datenbank für die Belieferung von Auswertungskomponenten gearbeitet, um die im theoretischen Teil beschriebenen Managementaufgaben zu bewältigen. Beispiele für hierzu benötigte Schnittstellen wurden erarbeitet. Dies sind Schnittstellen von und zum MPS und von und zu den Auswertungskomponenten.

Problem bei dem derzeitig erstellten MIS ist die Datenredundanz und v.a. der nicht befriedigende Automatisierungsgrad und die Benutzerunfreundlichkeit. Abhilfe kann das unter Kapitel II Abschnitt 4 vorgestellte Konzept für einer vollautomatisierte Datenaufbereitung schaffen. Der Entscheidungsträger kann in dem zu entwickelndem System die wichtigsten GIS-Fragestellung hochautomatisiert selbst bewältigen. Datenredundanz wird gleichzeitig vermieden. Zusätzliche für die Landwirtschaft nützliche Funktionen wie z. B. die Aufteilung von Transportzeiten auf einzelne Schläge oder die Erfassung der Arbeitszeit auf Teilflächenebene werden entwickelt und bei Erfolg in das zukünftige MIS eingebaut.

Mit der hier vorliegenden Arbeit wird somit erstmals die Struktur für ein Precision Farming Management-Informationssystem offengelegt. Zudem werden zukünftige Entwicklungsmöglichkeiten für das MIS aufgezeigt.

Glossar:

Bit/Byte

Angabe über eine Datenmenge im Rahmen von computergestützten Systemen. Ein Byte besteht aus 8 Bit. Ein Bit kann lediglich die Werte 0 und 1 annehmen, da Computer zur Funktionserfüllung elektronische Bauteile verwenden, die lediglich zwei Zustände besitzen (z.B. 1=ein/0=aus; Stahlknecht und Hasenkamp, 1999, S. 19).

Bus

Ein Verbindungssystem mit einer geordneten Hardware-Mehrfachschnittstelle für eine bestimmte Anzahl von Geräten, um zwischen ihnen einen Informationsaustausch zu ermöglichen. Dieser Informationsaustausch erfolgt nach genau definierten Regeln, welche sowohl die mechanischen Randbedingungen wie Stecker, die Spezifikation der elektrischen Signale wie Ankopplung, Signalformate und Busabschluss vorgeben, als auch die zeitliche Folge der Bus-signale vorschreiben, die in den Busprotokollen festgelegt werden (Rembold und Levi, 1999, S. 413).

CAN (Controller Area Network)

Von der Firma Bosch entwickeltes bit-serielles Feldbus-System zur Vernetzung von Steuerungsrechnern im Kfz-Bereich mit nutzerdefinierbaren Spezifikationen. CAN wird beim LBS als Busprotokoll zu Grunde gelegt. Beim CAN und damit auch beim LBS werden gleichberechtigte Komponenten über einen Bus miteinander verbunden. Die Initialisierung und Verwaltung des Systems wird daher von allen Teilnehmern gemeinsam durchgeführt (<http://www.can-cia.de>).

Datenbank für Daten der mobilen Prozesstechnik (IMPORTDB)

siehe IMPORTDB

DB (Datenbank)

ist eine Sammlung von nicht-redundanten Daten, die von mehreren Applikationen benutzt werden (Bill, 1999, S. 388).

DBMS (Datenbankmanagementsystem)

zur Verwaltung von Daten innerhalb einer Datenbank, sorgt für die Datenkonsistenz und den Datenschutz des Datenbestandes. Es sichert z.B. Daten bei Mehrfachzugriffen und gewährleistet somit einen funktionsfähigen Datenbestand (Bill, 1999, S. 388).

DGPS (Differenzielles Globales Positionierungssystem)

Das GPS mit seinem relativ großen Positionsfehler wird um eine Referenzstation erweitert. Sie ermittelt auf einen geodätisch bekannten Punkt die Abweichungen des GPS und stellt diese dem Nutzer zur Verfügung (Glossar bei <http://www.preagro.de>).

EC (Entwicklungsstadien nach der Pflanzenbauvereinigung Eucapia)

die wichtigsten Stadien beim Getreide sind:

- 0 Keimung
- 09 Auflaufen: Keimscheide durchbricht Bodenoberfläche
- 1 Blattentwicklung
- 10 Erstes Blatt aus der Koleptile ausgetreten
- 11 1-Blatt-Stadium
- 12 2-Blatt-Stadium

- 13 3-Blatt-Stadium
- 2 Bestockung
- 21 1. Bestockungstrieb sichtbar: Beginn der Bestockung
- 23 3 Bestockungstriebe sichtbar
- 25 5 Bestockungstriebe sichtbar
- 3 Schossen (Haupttrieb)
- 30 Beginn des Schossens: Haupttrieb und Bestockungstriebe stark aufgerichtet, beginnen sich zu strecken. Ähre mindestens 1 cm vom Bestockungsknoten entfernt.
- 31 1-Knoten-Stadium: 1. Knoten dicht über der Bodenoberfläche wahrnehmbar, mindestens 1cm vom Bestockungsknoten entfernt.
- 32 2-Knoten-Stadium: 2. Knoten wahrnehmbar, mindestens 2 cm vom 1. Knoten entfernt
- 37 Erscheinen des letzten Blattes (Fahnenblatt); letztes Blatt noch eingerollt
- 39 Ligula (Blatthütchen)-Stadium: Blatthütchen des Fahnenblattes gerade sichtbar, Fahnenblatt voll entwickelt
- 4 Ähren-/Rispenwellen
- 47 Blattscheide des Fahnenblattes öffnet sich
- 49 Grannenspitzen: Grannen werden über der Ligula des Fahnenblattes sichtbar
- 5 Ähren-/Rispenstiefen
- 51 Beginn des Ähren-/Rispenstiefens: Die Spitze der Ähre/Rispe tritt heraus oder drängt seitlich aus der Blattscheide
- 55 Mitte des Ähren-/Rispenstiefens: Basis noch in der Blattscheide
- 59 Ende des Ähren-/Rispenstiefens: Ähre/Rispe vollständig sichtbar
- 6 Blüte
- 61 Blühbeginn
- 7 Fruchtbildung
- 8 Samenreife
- 9 Absterben
- 92 Totreife: Korn kann nicht mehr mit dem Daumennagel eingedrückt bzw. nicht mehr gebrochen werden. Optimaler Erntezeitpunkt (BASF, o. J., S. 116 ff.)

EM 38

Gerät zur Messung der scheinbaren elektrischen Leitfähigkeit des Bodens mit einem elektromagnetischen Induktionsverfahren. Hergestellt von der Firma GEONICS (<http://www.geonics.com>).

ER-Modell (Entity-Relationship-Modell)

Ein Modell, das in graphischer Form die Beziehungen zwischen Objekten (Daten) darstellt. Es wird demzufolge auch zur Beschreibung von logischen Datenstrukturen in Datenbanken verwendet (Sauer, 1994, S. 203).

ESRI (Environmental Systems Research Institute)

Marktführer im Bereich Geo-Informationssysteme mit den Produkten ArcView und ArcInfo. Neuerdings wird diese Software unter den Begriff ArcGIS vermarktet (<http://www.esri.com>).

GESABEDB (Gesamtbetriebliche Datenbank)

Bestandteil des MIS. Datenbasis teilflächenspezifischer Daten für SISCA sowie für Precision Farming Versuchsplanungen und -auswertungen für eine N-Düngergabe mit einem Sensor-Ansatz mit Kartenüberlagerung.

GIS (Geo-Informationssysteme)

Ein computergestütztes System, mit dem raumbezogene (mit x- und y-Koordinaten) Daten digital erfasst und redigiert, gespeichert und reorganisiert, modelliert und analysiert sowie alphanumerisch und graphisch präsentiert werden. GIS arbeiten hierbei mit speziellen Datentypen (z.B. Polygone). Verbreitet sind kommerzielle Produkte wie ArcInfo, ArcView sowie Surfer der Firma Golden Software. Als Freewareprodukt sei das Produkt Grass erwähnt. Diese Software wird unter Führung des Centers for Applied Geographic and Spatial Research, Baylor University, Texas, weiterentwickelt (Bill, 1999, S. 4).

GPS (Globales Positionierungssystem)

ein Satelliten gestützter Positionierungs- und Zeitdienst (liefert u.a. x- und y-Koordinaten als Ortsangabe mit Datum und Uhrzeit). Derzeit sind zwei militärische Systeme verfügbar: GPS-Navstar des Verteidigungsministeriums der USA, allgemein als GPS bezeichnet, und das russische GLONASS (Global Navigation Satellite System; siehe Glossar bei <http://www.preagro.de>).

HWP (Hauptwendepunkt)

siehe REIP

IKB Dürnast (Informationssystem kleinräumige Bestandesführung Dürnast)

Forschungsprojekt der Deutschen Forschungsgemeinschaft an der Technischen Universität München, Fakultät Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt in dessen Rahmen die vorliegende Arbeit entstanden ist. In der ersten Antragsphase von 1998 bis 2001 wurden Precision Farming-Fragestellungen von insgesamt 8 Teilprojekten bearbeitet. Fortgeführt wird das Projekt in einer zweiten Antragsphase von 2002 bis 2005 mit weiteren 5 Teilprojekten (siehe <http://ikb.weihenstephan.de>). Nähere Informationen sind unter dem Glossar-Stichwort „TP (Teilprojekte des IKB Dürnast)“ anzufinden. Auf der IKB-Webside sind auch Links zu weiteren wichtigen Forschungsprojekten im Bereich Precision Farming zusammengestellt.

IMI (Implement Indicator)

mit eingeschränkten Möglichkeiten des Datenmanagements versehener kostengünstiger LBS-Teilnehmer. Damit können fast alle in der Landwirtschaft üblichen Geräte im Rahmen des LBS an Traktoren angeschlossen werden. Der IMI wurde im Rahmen des TP 2 des IKB Dürnast entwickelt (Spangler, 2000, S. 37 ff.).

IMPORTDB

Datenbank im Rahmen des MIS zur Aufnahme ortsbezogener Daten des MPS. Nach speziellen Abfragen werden Daten aus der IMPORTDB via ODBC zur Weiterverarbeitung an ein GIS übergeben.

Kriging

Interpolationsverfahren, um Werte an nicht gemessenen Orten aus tatsächlich an naheliegenden Orten erhobenen Daten zu berechnen. Ein örtlicher Zusammenhang wird hierbei vorausgesetzt. Bei diesem Verfahren werden zur Berechnung des Wertes an einem bestimmten Ort die tatsächlich ermittelten Werte umliegender Punkte so gewichtet, dass der Schätzfehler im Mittel gleich Null ist und gleichzeitig die Varianz des Schätzfehlers minimal ist. Diese Funktion ist bei guten GIS integriert (Isaaks und Srivastava, 1989, 278 ff.; IfGI, 2002).

LBS (Landwirtschaftliches Bus System)

Legt funktionelle, elektrische und mechanische Eigenschaften für einen bitseriellen Daten-bus fest, der für Anwendungen bei Traktor-Gerätekombinationen in der Land- und Forstwirtschaft bestimmt ist. Das LBS ist ein offenes System mit verteilten Aufgaben in Jobrechnern (Recheneinheit auf den Anbaugeräten) und mit dem Datentransfer vom und zum MIS. Das LBS wird durch die DIN 9684 Teil 1-5 definiert. Die letzten Teile dieser DIN wurden 1999 veröffentlicht. Seit einigen Jahren wird an der Internationalisierung der DIN bzw. der Erstellung einer entsprechenden ISO-Norm gearbeitet. Die Arbeitsgruppe ISO/TC23/SC19/WG1 hat Teile der DIN in die ISO 11783 part 1-11 übernommen. Teile dieser Norm wurden ab 1998 veröffentlicht. Einige Teile befinden sich noch im Status des „Working Draft“. Fertiggestellt werden sollen die Arbeiten an der ISO-Norm Ende 2002 (LAV, 1997; Böttinger, 2001, S. 18 ff.; ISO, 2001).

MIS (Management-Informationssystem)

In der vorliegenden Arbeit dient das MIS der Entscheidungsunterstützung für Precision Farming-Fragestellungen im IKB Dürnast. Es ist ein stationäres System zur Aufnahme, Speicherung und Weiterverarbeitung ortsbezogener Daten des MPS, weiterer ortsbezogener Daten und nicht ortsbezogener Daten. Das MIS im IKB Dürnast besteht aus den Datenbanken IMPORTDB, gesamtbetrieblicher Datenbank, Geo-Informationssystemen, einer Komponente zur Versuchsplanung und -auswertung und aus SISCA.

MPS (Mobiles-Prozesscomputer-System)

Beinhaltet sämtliche Fahrzeuge und Arbeitsgeräte, die durch das LBS gekoppelt sind. Insbesondere sind darunter die CAN-Knoten (z.B. Jobrechner auf den Anbaugeräten und die Benutzerstation als Eingabe/Ausgabeeinheit) zu verstehen (LAV, 1997, Kapitel IV S. 3).

ODBC (Open Database Connectivity)

Die ODBC-Architektur unterscheidet vier Ebenen, und zwar

- als oberste Ebene das Anwendungssystem, das SQL-Befehle auslöst,
- darunter ein Steuerungsprogramm (driver manager), das die erforderlichen Übersetzungsprogramme (driver) lädt,
- wiederum darunter die Übersetzungsprogramme für alle von dem Anwendungssystem angesprochenen Datenbanksysteme und
- als unterste Ebene die DBMS selbst.

Über die ODBC-Schnittstelle wird in dieser Architektur die Kommunikation zwischen Anwendungssystem und Steuerungsprogramm abgewickelt (Stahlknecht und Hasenkamp, 1999, S. 214).

PCMCIA (Personal Computer Memory Card International Association)

durch oben genannte Vereinigung standardisierter Wechselspeicher. Ist v.a. zur Datenspeicherung auf Notebooks oder Pentops in Verwendung (Stahlknecht und Hasenkamp, 1999, S. 59)

Pentop

Tragbarer Computer. Statt der Tastatur werden die Daten durch Berühren der Bildschirmoberfläche eingegeben (<http://www.bergt.de/lexikon/lex/pl.htm>).

Polygon

Geläufiger zweidimensionaler Datentyp in einem GIS. Ein Polygon wird durch mehrere Einzelinformationen beschrieben. Dies sind die x-, y-Koordinaten der Eckpunkte einer zu beschreibenden Fläche (Open GIS, 1999, S. 2-23).

Precision Farming auch als ortsspezifischer Pflanzenbau, Teilschlagbewirtschaftung bezeichnet

i.e.S. Konzept durch unterschiedliche Intensitätsstufen bei Landwirtschaftsmaßnahmen auf relevante Heterogenitäten innerhalb eines Schlages zu reagieren. Ökonomische, ökologische und soziale Ziele sollen damit einem verbesserten Kompromiss entgegengeführt werden. Im weiteren Sinne kann unter Precision Farming auch die reine Datenaquisition für das Antragswesen oder Bestrebungen im Bereich Flottenmanagement, der Gewannebewirtschaftung oder der Pachtflächenverwaltung verstanden werden (Auernhammer, 1998; Auernhammer et al., 1999).

RDBMS (Relationales Datenbankmanagement-System)

DBMS, das Daten in einfachen Tabellen verwaltet (Sauer, 1994, S. 7).

REIP (red edge inflection point)

Kennzahl aus Reflexionsmessungen des Pflanzenbestandes gewonnen. Liefert eine wichtige Information über den aktuellen Ernährungszustand des Pflanzenbestandes. Der REIP ist somit eine wichtige Information für eine N-Düngung mit einem Sensoransatz mit Kartenüberlagerung (Guyot et al., 1988, S. 750 ff.; Liebler et al., 2001, S. 689 ff.).

Sensoransatz mit Kartenüberlagerung

Verfahren u.a. der teilflächenspezifischen N-Düngerausbringung. Steht für Winterweizen im Fokus der Forschungstätigkeiten des IKB Dürnast. Aktuell erhobene Informationen teilflächenspezifischer Reflexionsmessungen („Sensor“) werden mit anderen relevanten Informationen („Kartenüberlagerung“) verknüpft, um eine teilflächenspezifische N-Düngergabe zu ermitteln. Dieses Verfahren kann sinnvoll zwischen EC 30 (Schossbeginn) und EC 55 (Mitte Ährenschieben) eingesetzt werden. Zu anderen Entwicklungsstadien des Pflanzenbestandes können Reflexionsmessungen als Inputdaten des Verfahrens derzeit nicht herangezogen werden (Auernhammer, 1999, S. 58 ff.; Auernhammer et al., 1999).

SISCA (Site-Specific Cost-Accounting)

Eine von TP 7 des IKB Dürnast entwickelte Komponente des Management-Informationssystems. Teilflächenspezifische Daten werden zur Weiterverarbeitung aus der gesamtbetrieblichen Datenbank zu SISCA übermittelt. SISCA-Identifizierer werden umgekehrt in Tabellen der gesamtbetrieblichen Datenbank hinterlegt, um die Schnittstelle zu SISCA bedienen zu können (Augsburger, 2000, S. 15 ff.; Augsburger, 2001, S. 5 ff.).

Spatial Join („räumliche Zuordnung“)

Wichtige Funktion, um ortsbezogene Daten verarbeiten zu können. Diese ist meist im Rahmen eines GIS anzutreffen. Mit ihr können z.B. punktuell erhobene Daten örtlich korrekt Polygonen zugeordnet werden (Bill, 1999, S. 146 ff.).

SQL (Structured Query Language)

Geläufige Abfragesprache auf RDBMS, bei der ein fest vorgegebener Sprachumfang vorliegt (z.B. select, from, where, and). Hiermit können u.a. neue Tabellen erzeugt, Daten in Tabellen eingefügt bzw. aus Tabellen extrahiert werden (IBM, 2000).

Task Controller („Auftragsüberwacher“)

Elektronische Computer-Einheit auf dem MPS die zuständig ist, Daten des MPS zu senden, zu empfangen und abzuspeichern. Über den Task Controller werden somit Aufträge vom MIS auf den Bus übertragen. In die andere Richtung werden Daten aus dem Bus über den Task Controller auf das MIS transportiert (ISO, 2001, S. 4 ff.).

Teilarbeitsbreiten

Ein Kapazitätsmerkmal bei Geräten ist ihre Arbeitsbreite. Diese kann i.d.R. nur insgesamt ein- oder ausgeschaltet werden. Bei Spezialgeräten besteht die Möglichkeit Teile dieser Arbeitsbreiten (z.B. einzelne Säaggregate, einzelne Düsen bei Pflanzenschutzspritzen) anzusprechen. Im LBS und in der ISO 11783 ist diese Möglichkeit, auch Teile von Arbeitsbreiten automatisiert anzusteuern, berücksichtigt (ISO, 2001, S. 16).

TP (Teilprojekte des IKB Dürnast)

TP 1: Analyse und Validierung mehrjähriger lokaler Ertragsdaten. Bearbeiter: T. Steinmayr. Teilprojektleiter: Prof. H. Auernhammer, Fachgebiet Technik im Pflanzenbau, Fakultät Wissenschaftszentrum Weihenstephan.

TP 2: Prozessdatenerfassung im Landwirtschaftlichen BUS-System. Bearbeiter: A. Spangler. Teilprojektleiter: Prof. H. Auernhammer, Fachgebiet Technik im Pflanzenbau, Fakultät Wissenschaftszentrum Weihenstephan. In diesem Teilprojekt wurde u.a. der IMI entwickelt

TP 3: Variabilität der Biomassebildung und des N-Status in Pflanzen. Bearbeiter: J. Liebler. Teilprojektleiter: Dr. F.-X. Maidl, Lehrstuhl für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Fakultät Wissenschaftszentrum Weihenstephan

TP 4a: Bodenwasser und -stickstoff als Ursachen der Ertragsvariabilität. Bearbeiter: D. Geesing. Teilprojektleiter: Prof. U. Schmidhalter, Lehrstuhl für Pflanzenernährung, Fakultät Wissenschaftszentrum Weihenstephan

TP 4b: Entwicklung einer Methode zur berührungsfreien Ermittlung des Wasserstatus von Feldfrüchten mittels Spektroskopie. Bearbeiter: F. Ruthenkolk. Teilprojektleiter: Prof. U. Schmidhalter, Lehrstuhl für Pflanzenernährung, Fakultät Wissenschaftszentrum Weihenstephan

TP 5: Approximation der Reflexionsfunktion landwirtschaftlicher Flächen. Bearbeiter: I. Manakos. Teilprojektleiter: Prof. U. Ammer und Dr. T. Schneider, Lehrstuhl für Landnutzungsplanung und Naturschutz, Fakultät Wissenschaftszentrum Weihenstephan

TP 6: Entwicklung eines Informationssystems für die Erfassung und Speicherung kleinräumiger Daten. Bearbeiter: H. Linseisen. Teilprojektleiter: Prof. P. Wagner, Fachgebiet für Unternehmensforschung und Informationsmanagement, vormals Fakultät Wissenschaftszentrum Weihenstephan, aktuell Fakultät für Wirtschaftswissenschaften. Im Rahmen dieses Teilprojektes ist die vorliegende Arbeit entstanden.

TP 7: Entwicklung eines Leistungs-Kostenrechnungssystems zur Auswertung kleinräumiger Daten. Bearbeiter: C. Augsburg. Teilprojektleiter: Prof. P. Wagner, Fachgebiet für Unternehmensforschung und Informationsmanagement, vormals Fakultät Wissenschaftszentrum Weihenstephan, aktuell Fakultät für Wirtschaftswissenschaften. Im Rahmen dieses Teilprojektes wurde SISCA entwickelt (Auernhammer et al., 1999).

Transformation von x- und y-Koordinaten

GPS/DGPS-Ortungssignale (x- und y-Koordinaten) und die damit verknüpften Daten der mobilen Prozesstechnik (MPS) liegen meist im globalen Bezugssystem World Geodetic System 1984 (WGS84) vor. Statt dessen verwenden digitalisierte Karten der Landesvermessungsbehörden eine Gauß-Krüger-Projektion. Gegenseitige Umrechnungen („Transformationen“) sind deshalb erforderlich, um diese Daten geographisch orientiert miteinander verbinden zu können (Bauer, 1997, S. 90 ff.; Ludowicy et al., 2002, S. 22ff.).

Literaturverzeichnis:

Auernhammer, H. (1993): Die elektronische Schnittstelle Schlepper-Gerät. In KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft; Hrsg.): Landwirtschaftliches BUS-System. KTBL-Arbeitspapier 196, S. 18-30, Münster-Hiltrup

Auernhammer, H. (1998): Precision Farming - Schlagwort oder nachhaltige Landbewirtschaftung von Morgen? Vortrag im agrarwissenschaftlichen Seminar, 26.5.1998, Weihenstephan

Auernhammer, H. (1999): Precision Farming for Site-Specific Fertilisation. In GIL (Gesellschaft für Informatik in der Ernährungs-, Land- und Forstwirtschaft; Hrsg.): Zeitschrift für Agrarinformatik, S. 58-66, H. 3, Münster-Hiltrup

Auernhammer, H. (2002): Potentiale der automatisierten Datenerfassung im landwirtschaftlichen Betrieb. In: Landtechnik für Profis. Mit mehr Wissen Land bewirtschaften. VDI-Berichte Nr. 1659, S. 31-45, Düsseldorf

Auernhammer, H. et al. (1999): An On-Farm Communication System for Precision Farming with Nitrogen Real-Time Application. ASAE Paper No. 99 11 50, St. Joseph

Auernhammer, H. und M. Mayer (2000): Micro-precision-farming. In KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft; Hrsg.): Managementsystem für den ortsspezifischen Pflanzenbau. KTBL-Sonderveröffentlichung 032, S. 37-43, Darmstadt

Auernhammer, H. und M. Rothmund (2002): Micro-precision-farming (TP I-3). In KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft; Hrsg.): Precision Agriculture Herausforderung an integrative Forschung, Entwicklung und Anwendung in der Praxis. KTBL-Sonderveröffentlichung 038, S. 447-461, Darmstadt

Augsburger, C. (2000): Konzept einer Leistungs-Kostenrechnung in einem Informationssystem zur kleinräumigen Bestandesführung unter besonderer Berücksichtigung automatisch erfasster Prozessdaten. In Birkner, U. et al. (Hrsg.): Referate der 21. GIL-Jahrestagung in Freising-Weihenstephan, S.15-18, Berlin und Weihenstephan

Augsburger, C. (2001): Konzept und Realisation einer Schnittstelle für die automatische Integration von mobilen Prozesstechnikdaten in einer Leistungs-Kostenrechnung. In Kögl, H. et al. (Hrsg.): Referate der 22. GIL-Jahrestagung in Rostock 2001, S. 5-8, Rostock, Halle und Berlin

Bauer, M. (1997): Vermessung und Ortung mit Satelliten, Heidelberg

BASF (Badische Anilin- & Soda-Fabrik AG; Hrsg.; o. J.): Pilzkrankheiten und Schadsymptome im Getreidebau, Ludwigshafen

BBA (Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft; Hrsg.; 2002): Verzeichnis der regionalisierten Kleinstrukturanteile – Neufassung der Anwendungsbestimmungen zum Schutz terrestrischer Biozöten (Flora und Fauna), Berlin und Braunschweig

<http://www.bba.de>

Stand: 16.04.2002

Bea, F. X. et al. (1992): Allgemeine Betriebswirtschaftslehre. Band 2: Führung, Stuttgart und Jena

Bill, R. (1999): Grundlagen der Geo-Informationssysteme Band 1: Hardware, Software und Daten, Heidelberg

Blackmore, S. und H.-W. Griepentrog (2002): A future view of precision agriculture. In KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft; Hrsg.): Precision Agriculture Herausforderung an integrative Forschung, Entwicklung und Anwendung in der Praxis. KTBL-Sonderveröffentlichung 038, S. 131-145, Darmstadt

Blönnigen, P. (1990): Konzeption computergestützter Management-Informationssysteme in der Landwirtschaft, Habilitation für das Fachgebiet Landwirtschaftliche Betriebslehre an der TUM, Weihenstephan

BMELF (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten jetzt Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft, BVEL; Hrsg.; 1996): Die neue Düngeverordnung. Verordnungstext. Erläuterungen. Bestell-Nr. 312-21/96, Bonn

BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit; Hrsg.; 1992): Konferenzen der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung im Juni 1992 - Dokumente-Agenda 21, Bonn. u.a. unter:
<http://www.umweltministerium.bayern.de/agenda/agenda21/rio/index.htm>
Stand: 28.03.2002

Bongiovanni, R. und J. Lowenberg-DeBoer (2001): Precision Agriculture: Economics of Nitrogen Management in Corn Using Site-Specific Crop Response Estimates from a Spatial Regression Model. AAEA Paper, West Lafayette
http://www.agecon.lib.umn.edu/cgi-bin/pdf_view.pl?paperid=2536&ftype=.pdf
Stand: 28.03.2002

Böttinger, S. (2001): Stand der Normung der ISO 11783 und der Umsetzung durch die Industrie, In Kögl, H. et al. (Hrsg.): Referate der 22. GIL-Jahrestagung in Rostock, S. 18-20, Rostock, Halle und Berlin

Böttinger, S. (2002): Schriftliche Auskunft via Email vom 24.05.2002 zu Datenobjekten in der DIN 9684 bzw. ISO 11783, Bielefeld

Böttinger, S. und R. Schwaiberger (2000): Software. In KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft; Hrsg.): Managementsystem für den ortsspezifischen Pflanzenbau. KTBL-Sonderveröffentlichung 032, S. 165-176, Darmstadt

Breitschuh, G. und H. Eckert (2000): Probleme und Lösungsansätze für eine nachhaltige Entwicklung in der Landwirtschaft. In VDLUFA (Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten; Hrsg.): Kongressband 2000 Stuttgart-Hohenheim Generalthema „Nachhaltige Landwirtschaft“ Teil I Vorträge zur Plenartagung, S. 17-23, Darmstadt

Brozio S. et al. (2000): Düngung. In KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft; Hrsg.): Managementsystem für den ortsspezifischen Pflanzenbau. KTBL-Sonderveröffentlichung 032, S. 135-153, Darmstadt

Burkel, R. (1993): CAN – Stand der Entwicklung. In KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft; Hrsg.): Landwirtschaftliches BUS-System. KTBL-Arbeitspapier 196, S. 31-52, Münster-Hiltrup

Chen, P. P. (1976): The Entity-Relationship Model – Toward a Unified View of Data. In ACM (Association for Computing Machinery; Hrsg.): ACM Tods 1:1, New York

Codd, E. F. (1970): A Relational Model of Data for Large Shared Data Banks, In CACM (Communications of the Association for Computing Machinery; Hrsg.): CACM 13, S. 377-387, New York

Dammer, K.-H. und D. Ehlert (2000): Herbizide, Fungizide und Wachstumsregler. In KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft; Hrsg.): Managementsystem für den ortsspezifischen Pflanzenbau. KTBL-Sonderveröffentlichung 032, S. 155-164, Darmstadt

Davis, J. (1998): IBM's DB2 Spatial Extender: Managing Geo-Spatial Information within the DBMS, San Jose

Davis, G. B. und M. H. Olson (1985): Management information systems. Conceptual foundations, structure and development, New York

DIN (Deutsches Institut für Normung, Hrsg.): Schnittstellen zur Signalübertragung –
Teil 1: Punkt-zu-Punkt-Verbindung (DIN 9684-1; 1997-02)
Teil 2: Serieller Daten-BUS (DIN 9684-2; 1998-01)
Teil 3: Systemfunktionen, Identifier (DIN 9684-3; 1997-07)
Teil 4: Benutzerstation (DIN 9684-4; 1998-12)
Teil 5: Datenübertragung zum Management-Informationen-System, Auftragsbearbeitung (DIN 9684-5; 1999-05), Berlin

Diepolder, M. (1994), Untersuchungen zur Ableitung von Richtlinien für die Optimierung der N-Düngung zu Winterweizen. Dissertation am Lehrstuhl für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der TUM, Weihenstephan

Domsch, H. et al. (1998a): Teilflächenspezifische Bodenbearbeitung. In ATB (Institut für Agrartechnik Bornim e.V.; Hrsg.): Beiträge zur teilflächenspezifischen Bewirtschaftung. Bornimer Agrartechnische Berichte. Heft 20., S. 80-101, Bornim

Domsch, H. et al. (1998b): Teilflächenspezifische Aussaat. In ATB (Institut für Agrartechnik Bornim e.V.; Hrsg.): Beiträge zur teilflächenspezifischen Bewirtschaftung. Bornimer Agrartechnische Berichte. Heft 20., S. 101-107, Bornim

Dronningborg (Hrsg.; 1998): Benutzerhandbuch agrivision™. Applikationskartierungssystem V. 2.00 für Windows®, Randers

Ehlert, D. und K.-H. Dammer (2002): Herbizide, Fungizide und Wachstumsregler (TP III-5). In KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft; Hrsg.): Precision Agriculture Herausforderung an integrative Forschung, Entwicklung und Anwendung in der Praxis. KTBL-Sonderveröffentlichung 038, S. 275-292, Darmstadt

Engel, T. (1991): Entwicklung und Validierung eines Simulationsmodells zur Stickstoffdynamik in Boden und Pflanze mit Hilfe objektorientierter Programmierung. Dissertation, Lehrgebiet Informatik im Pflanzenbau der TUM, Weihenstephan

Engel, T. (1997): Nutzung von Information und Elektronik zur Systemanalyse und Unterstützung einer nachhaltigen Landbewirtschaftung. Habilitationsschrift, Lehrgebiet Informatik im Pflanzenbau der TUM, Weihenstephan

Engel, T. (2001): Nutzungsstand und Nutzungsperspektiven von Informations- und Kommunikationstechnik bei Landmaschinen. In Kögl, H. et al. (Hrsg.): Referate der 22. GIL-Jahrestagung in Rostock 2001, Rostock, S. 21-26, Halle und Berlin

Golden Software (Hrsg.; 1998): Hilfefunktion zur Software Surfer, Golden
<http://www.goldensoftware.com/products/surfer/surfer.shtml>
Stand: 31.05.2002

Griepentrog H.-W. und K. Persson (2001): A model to determine the positional lag for fertiliser spreaders. In Sevilla, F. (Hrsg.): Proceeding of the Third ECPA Conference, S. 671-676, Montpellier

Grenzdörffer, G. (1998): Dokumentation und Analyse kleinräumiger Heterogenität mit Fernerkundung und GIS. In KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft; Hrsg.): Managementsystem für den ortsspezifischen Pflanzenbau. KTBL-Sonderveröffentlichung 032, S. 93-105, Darmstadt

Guyot G. et al. (1988): High spectral resolution: Determination of spectral shifts between the red and the near infrared. In ISPRS (International Society for Photogrammetry and Remote Sensing; Hrsg.): International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing 11, S. 750-760, Amsterdam u.a.

Hajji (2000): Perl, München

Hank, K. (1994): Einzelflächenorientiertes Simulationsmodell zur Analyse der Auswirkungen ausgewählter Extensivierungsmaßnahmen, Dissertation am Lehrstuhl für angewandte landwirtschaftliche Betriebslehre der TUM, Weihenstephan

Heißenhuber, A. (1994): Kriterien einer ordnungsgemäßen Landbewirtschaftung. In Hagedorn, K. (Hrsg.): Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues. Band 30, S. 321-330, Münster-Hiltrup

Heißenhuber, A. (2000): Nachhaltige Landbewirtschaftung – Anforderungen und Kriterien aus wirtschaftlicher Sicht. In VDLUFA (Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten; Hrsg.): Kongressband 2000 Stuttgart-Hohenheim Generalthema „Nachhaltige Landwirtschaft“ Teil I Vorträge zur Plenartagung, S. 72-82, Darmstadt

Heißenhuber, A. et al. (2000): Ökonomische Aspekte einer ressourcenschonenden Landnutzung. In DAF (Dachverband Agrarforschung; Hrsg.): Beiträge zur Entwicklung ökologisch und ökonomisch nachhaltiger Landnutzungssysteme in Agrarlandschaften. Agrarspektrum 31, S. 20-30, Frankfurt

Heißenhuber, A. und G. Breitschuh (2000): Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Wirtschaftsweisen. In VDLUFA (Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und For-

schungsanstalten; Hrsg.): Kongressband 2000 Stuttgart-Hohenheim Generalthema „Nachhaltige Landwirtschaft“ Teil I Vorträge zur Plenartagung, S. 83-98, Darmstadt

Heyland, K.-U. (1991): Integrierte Pflanzenproduktion System und Organisation, Stuttgart

Heyn, J. et al. (2000): Nachhaltige Landbewirtschaftung – Anforderungen und Kriterien aus ökologischer Sicht. In VDLUFA (Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten; Hrsg.): Kongressband 2000 Stuttgart-Hohenheim Generalthema „Nachhaltige Landwirtschaft“ Teil I Vorträge zur Plenartagung, S. 24-44, Darmstadt

IBM (International Business Machines Corporation, Hrsg.; 1998): DB2 Spatial Extender Administration Guide and Reference. Version 2 Release 1 Modifikation 1, San Jose

IBM (International Business Machines Corporation, Hrsg.; 2000): SQL Getting Started. <ftp://ftp.software.ibm.com/ps/products/db2/info/vr7/pdf/letter/db2y0e70.pdf>, Stand: 16.04.2002, San Jose

IfGI (Institut für Geoinformatik an der Universität Münster; Hrsg.): Werkzeuge zur numerischen Modellierung. Material zur Übung für Geoinformatiker im 4. Semester im SS 2002, Münster
[http://castafiore.uni-muenster.de/vorlesungen/Num Modell.../KrigingSeminar 3 Teil.htm](http://castafiore.uni-muenster.de/vorlesungen/Num%20Modelli.../KrigingSeminar%203%20Teil.htm)
Stand: 31.5.2002

Isaaks, E. H. und R. M. Srivastava (1989): Applied Geostatistics, New York und Oxford

ISO (International Organization for Standardization; Hrsg.): ISO TC 23/ SC 19/ WG 1 N257. Date: 2001-05-2001. ISO 11783-10. Task controller and Farm Management Information System data interchange, Genf

Jamin, K. und F.-J. Brenneis (1986): Praktisches Lehrbuch der Datenverarbeitung, Landsberg

Jürschick, P. et al. (1998): Verarbeitung von Ertragsdaten aus Mähdreschern. In VDI (Verein Deutscher Ingenieure; Hrsg.): Tagung Landtechnik, VDI-Bericht 1449, S. 215-221, Düsseldorf

Kirsch, W. (1994): Betriebswirtschaftslehre. Eine Annäherung aus der Perspektive der Unternehmensführung, München

Korduan, P. (2001): Informationsmanagement als Application Service für das Precision Farming, In Kögel, H. et al. (Hrsg.): Referate der 22. GIL-Jahrestagung in Rostock 2001, S. S. 66-70, Rostock, Halle und Berlin

Koreimann, D. (1992): Management, München, Wien

KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft; Hrsg.; 2001): Standarddeckungsbeiträge 1999/2000, Darmstadt

Kühn J. et al. (2000): Bestandesführung. In KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft; Hrsg.): Managementsystem für den ortsspezifischen Pflanzenbau. KTBL-Sonderveröffentlichung 032, S. 115-134, Darmstadt

Lamp, J. et al. (1998): Erfassung der kleinräumigen Heterogenität in der teilflächenspezifischen Pflanzenproduktion. In KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft; Hrsg.): Erfassung der kleinräumigen Heterogenität, KTBL Schrift 264, S. 7-32, Münster-Hiltrup

LAV (Landmaschinen- und Ackerschlepper-Vereinigung; Hrsg.; 1997): LBS Das Landwirtschaftliche BUS-System, Frankfurt

Liebig, W. (1999): Desktop-GIS mit ArcView GIS: Leifaden für Anwender, Heidelberg

Liebler, J. et al. (2001): Field Spectroscopic Measurements to Characterise Nitrogen Status and Dry Matter Production of Winter Wheat. In Sevilla, F. (Hrsg.): Proceeding of the Third ECPA Conference, S. 689-694, Montpellier

Linseisen, H. (2000): Struktur der Datenhaltung und Ausrichtung der Daten auf Fahrgassen als Basis von teilflächenspezifischen Entscheidungsmodellen und Kostenrechnungen im Rahmen eines Informationssystems zur kleinräumigen Bestandesführung. In Birkner, U. et al. (Hrsg.): Referate der 21. GIL-Jahrestagung in Freising-Weihenstephan, S. 115-118, Berlin und Weihenstephan

Linseisen, H. (2001a): Development of a precision farming information system. In Sevilla, F. (Hrsg.): Proceeding of the Third ECPA Conference, S. 689-694, Montpellier

Linseisen, H. (2001b): Entwicklung eines stationären Informationssystems zur kleinräumigen Bestandesführung. In Kögl, H. et al. (Hrsg.): Referate der 22. GIL-Jahrestagung in Rostock 2001, S. S. 75-79, Rostock, Halle und Berlin

Linseisen, H. et al. (2000a): Bedeutung der Unternehmerbefähigung zum Zwecke der Kreditvergabe. In BMELF (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, jetzt BVEL, Hrsg.): Berichte über Landwirtschaft, Band 78, Heft 2, S. 262-281, Münster-Hiltrup

Linseisen, H. et al. (2000b): Daten, Datenströme und Software in einem Informationssystem zur teilflächenspezifischen Pflanzenproduktion. In GIL (Gesellschaft für Informatik in der Ernährungs-, Land- und Forstwirtschaft; Hrsg.): Zeitschrift für Agrarinformatik, S. 36-43, H. 2, Münster-Hiltrup

Ludowicy, C. et al. (2002): Precision Farming. Handbuch für die Praxis, Frankfurt

Lütticken, R. (1999): Bodennährstoffkartierung – Grundlage der Hölzl-Präzisionsdüngung. In KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft; Hrsg.): Erfassung der kleinräumigen Heterogenität, KTBL Schrift 264, S. 106-109, Münster-Hiltrup

Maidl, F.-X. et al. (2000): Ergebnisse von Streifenversuchen zur Untersuchung unterschiedlicher N-Düngestrategien im Precision Farming. In Birkner, U. (Hrsg.): Referate der 21. GIL-Jahrestagung in Freising-Weihenstephan, S. 123-126, Berlin und Weihenstephan

Meyer-Aurich, A. (2001): Ökonomik der Teilflächenwirtschaft. In: GSF (Gesellschaft für Strahlenforschung – Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit; Hrsg.): Forschungsverbund Agrarökosysteme München Jahresbericht 2001, Teilprojekt LT8: Kurztitel: Ökonomik der Teilflächenwirtschaft, Seite 1-7, Neuherberg

Meyer-Aurich, A. et al. (2001): Application of spatial economic on strip trials in Germany to identify optimal site specific input rates. Poster auf der Jahrestagung der American Agricultural Economics Association vom 5.-8.8.2001, Chicago
<http://www.weihenstephan.de/~ameyer/papers/posteraaea.ppt>
Stand: 16.04.2002

Microsoft (Hrsg.; 1998): Hilfefunktion zur Software Excel 97, Redmond
<http://www.microsoft.com/germany/ms/office2000/excel/default.htm>
Stand: 31.05.2001

Müller, K. (1993): Management für Ingenieure, Heidelberg

Müller, K. und H. Kächele (2000): Nachhaltige Landbewirtschaftung – Anforderungen und Kriterien aus sozialer Sicht. In VDLUFA (Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten; Hrsg.): Kongressband 2000 Stuttgart-Hohenheim Generalthema „Nachhaltige Landwirtschaft“ Teil I Vorträge zur Plenartagung, S. 45-71, Darmstadt

Oehm, E. (Hrsg.; 1992): Integrierte Datenverarbeitung - ein Datenbankmodell für den Marktfruchtbetrieb, Frankfurt

Ohse, D. (1984): Mathematik für Wirtschaftswissenschaftler II. Lineare Wirtschafts algebra, München

Open GIS (Open GIS Consortium, Inc.; Hrsg.; 1999): OpenGIS® Simple Features Specification For SQL Revision 1.1. Release Date: May 5, 1999, Wayland

Ostheim, K.-U. (2000): Prüfung der ökonomischen und ökologischen Vorzüglichkeit einer GPS-gestützten teilflächenspezifischen Landbewirtschaftung, Münster-Hiltrup

Rembold, U. und P. Levi (1999): Einführung in die Informatik für Naturwissenschaftler und Ingenieure, 1999, München und Wien

Reusch, S. (1997): Entwicklung eines reflexionsoptischen Sensors zur Erfassung der Stickstoffversorgung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen, Dissertation am Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik CAU Kiel, Kiel

Rohmann, U. und H. Sontheimer (1985): Nitrat im Grundwasser, Karlsruhe

Roth, R. und J. Kühn (2002): Bestandesführung und differenzierte Aussaat (TP III-2). In KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft; Hrsg.): Precision Agriculture Herausforderung an integrative Forschung, Entwicklung und Anwendung in der Praxis. KTBL-Sonderveröffentlichung 038, S. 225-236, Darmstadt

Rothmund, M. (2001): Entwicklung eines SQL-basierten Auswertungsprogrammes für die automatische Prozessdatenerfassung mit LBS, GPS und IMI. Diplomarbeit am Institut für Landtechnik der TU München, Weihenstephan

Ruthenkolk, F. et al. (2001): Development of a non-contacting method for the determination of the plant water status. In Horst W. J. et al. (Hrsg.): Plant Nutrition - Food security and sustainability of agro-ecosystems, S. 392-293, Dordrecht u.a.

Sauer, H. (1994): Relationale Datenbanken Theorie und Praxis, Bonn u.a.

Scheffer f. und P. Schachtschabel (1989): Lehrbuch der Bodenkunde, Stuttgart

Scherer, J. (2000): Grußwort zum 112. VDLUFA-Kongress vom 18. bis 22. September 2000. In VDLUFA (Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten; Hrsg.): Kongressband 2000 Stuttgart-Hohenheim Generalthema „Nachhaltige Landwirtschaft“ Teil I Vorträge zur Plenartagung, S. 7-11, Darmstadt

Schmidt, F. (2001): Abgrenzung von Reliefeinheiten mit Geo-Informationssystemen für teilflächenspezifische Bewirtschaftung, In Kögl, H. et al. (Hrsg.): Referate der 22. GIL-Jahrestagung in Rostock 2001, S. 195-198, Rostock, Halle und Berlin

Schmidt, W. (1999): Landwirtschaftliches BUS-System (LBS). DLG Merkblatt 317, Frankfurt

Schneider, T. und I. Manakos (2000): Anisotropie der Rückstrahlung – Störfaktor oder Informationsquelle? Erörterungen anhand des Beispiels „precision farming“. In Birkner, U. et al. (Hrsg.): Referate der 21. GIL-Jahrestagung in Freising-Weihenstephan, S. 187-190, Berlin und Weihenstephan

Schön, H. et al. (1998): Die Landwirtschaft Band 3. Landtechnik/Bauwesen, München

Schwaiberger, R. (2000): Precision Farming in Deutschland aus Sicht eines Dienstleiters. In Birkner, U. et al. (Hrsg.): Referate der 21. GIL-Jahrestagung in Freising-Weihenstephan, S. 198-202, Berlin und Weihenstephan

Schwaiberger, R. (2001): Software Lohnunternehmer TP (III-1b). In KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft; Hrsg.): Zwischenbericht des Forschungsprojektes preagro 2001, S. 197-210, Adelschlag, Weihenstephan, Müncheberg

Sommer C. und H. Voßhenrich (2000): Bodenbearbeitung. In KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft; Hrsg.): Managementsystem für den ortsspezifischen Pflanzenbau. KTBL-Sonderveröffentlichung 032, S. 129-134, Darmstadt

Sommer C. und H. Voßhenrich (2002): Bodenbearbeitung (TP III-3). In KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft; Hrsg.): Precision Agriculture Herausforderung an integrative Forschung, Entwicklung und Anwendung in der Praxis. KTBL-Sonderveröffentlichung 038, S. 237-249, Darmstadt

Spangler, A. (2000): Automatisierte Datenerfassung mit GPS, LBS und IMI. In Auernhammer, H. (Hrsg.): 12. Arbeitswissenschaftliches Seminar, S. 37-50, Weihenstephan

Spangler, A. und H. Auernhammer (2000): Die LBS Programmbibliothek – erstes Open Source Modell in der Landwirtschaft. In Birkner, U. et al. (Hrsg.): Referate der 21. GIL-Jahrestagung in Freising-Weihenstephan, S. 210-214, Berlin und Weihenstephan

Stahlknecht, P. und U. Hasenkamp (1999): Einführung in die Wirtschaftsinformatik, Berlin und Heidelberg

Steffen, G. und D. Born (1987): Betriebs- und Unternehmensführung in der Landwirtschaft, Stuttgart

Steinhauser, H. et al. (1992): Einführung in die landwirtschaftliche Betriebslehre Band 1: Allgemeiner Teil, Stuttgart

Steinmayr, T. (2002): Fehleranalyse und Fehlerkorrektur bei der lokalen Ertragsermittlung im Mährescher zur Ableitung eines standardisierten Algorithmus für die Ertragskartierung, Dissertation am Institut für Landtechnik der TU München, Weihenstephan

Steinmayr, T. et al. (2001): Discussion of a standardized algorithm to improve the quality of local yield data. In Sevilla, F. (Hrsg.): Proceeding of the Third ECPA Conference, S. 863-868, Montpellier

Swinton, S. M. und M. Ahmad (1996): Returns to Farmer Investments in Precision Agriculture Equipment and Services. In Robert, P. C. et al. (Hrsg.): Proceedings of the Third International Conference on Precision Agriculture, S. 1009-1018, Mineapolis

Ulrich, P. und E. Fluri (1995): Management, Bern, Stuttgart und Wien

Verband der Landwirtschaftsberater in Bayern (Hrsg.; 1987): Die Landwirtschaft Band 2. Pflanzliche Erzeugung, München

Wagner, P. (1999a): Produktionsfunktionen und Precision Farming, In Brodersen C. und D. Möller (Hrsg.): Zukunftsorientierte Betriebswirtschaft und Informationstechnologien in der Agrarwirtschaft. Gießener Schriften zur Agrar- u. Ernährungswirtschaft, Heft 29, S. 39-66, Frankfurt

<http://www.edv.agrar.tu-muenchen.de/ui/veroeff/pfupf.htm>

Stand: 16.04.2002

Wagner, P. (1999b): The Future of Precision Farming – The Development of a Precision Farming Information System and Economic Aspects. In Schiefer, G. et al. (Hrsg.): Perspectives of Modern Information and Communication Systems in Agriculture, Food Production and Environmental Control (Volume B). Konferenzband der Second European Conference of the European Federation for Information Technology in Agriculture, Food and the Environment vom 27.-30.09.1999, S. 461-472, Bonn

Wagner, P. (Hrsg.; 2000): Marketing in der Agrar- und Ernährungswirtschaft, Stuttgart

Wagner, P. (2002): Akzeptanz von Computeranwendungen – Ergebnisse empirischer Untersuchungen, Vortrag im Rahmen der Agrarcomputertage 2002, 3.3.2002, Göttingen

Wartenberg, G. und J. Schwarz (1998): Teilflächenspezifischer Pflanzenschutz. In ATB (Institut für Agrartechnik Bornim e.V.; Hrsg.): Beiträge zur teilflächenspezifischen Bewirtschaftung. Bornimer Agrartechnische Berichte. Heft 20., S. 114-139, Bornim

Weltzin, C. et al. (2002): Technikbetreuung und –vergleich (TP I-1). In KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft; Hrsg.): Precision Agriculture Herausforderung an integrative Forschung, Entwicklung und Anwendung in der Praxis. KTBL-Sonderveröffentlichung 038, S. 153-167, Darmstadt

Wenkel, K.-O. et al. (2001): Anforderungen und Möglichkeiten zur Optimierung des teilflächenspezifischen N-Einsatzes im Rahmen des Precision Farming. In: Kögl, H. et al. (Hrsg.): Referate der 22. GIL-Jahrestagung in Rostock 2001, S. 159-162, Rostock, Halle und Berlin

Wenkel, K.-O. et al. (2002): Düngung (TP III-4). In KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft; Hrsg.): Precision Agriculture Herausforderung an integrative Forschung, Entwicklung und Anwendung in der Praxis. KTBL-Sonderveröffentlichung 038, S. 251-274, Darmstadt

Wöhe, G. (1990): Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, München

Wohlrab, B. et al. (1992): Landschaftswasserhaushalt, Hamburg und Berlin

Anhang A: Beispiel für eine Datentransferdatei mit integrierten Ortsangaben im WGS 84 nach DIN 9684 Teil 5

```
C ADIS Fileheader
C   DataDictTxt DataDictVer Filename
DH000000 00000000050 00FF01B9040 00FF01B8280
VH000000 AVAPI 1.01 hupsi_export_din9684_del.txt
C Task header ***** START OF TASK *****
C   TaskId   TaskStatus PartFieldId EffecTime InEffecTime
DN200000 00FF01C0080 00FF01C1010 00FF01C3010 00FF019B060 00FF019C060
VN200000 20020004 0 0 000000 000000
C Implement Data
C   ImplementId CultivArea
DN002000 00FF01D1010 00FF2880010
VN002000 0 0
C Process Data Setpoint
C   WorkWidth PtoRpm
DN000200 00FF2831040 00FF2812030
VN000200 1800 540
C Free Comment
C   Comment
DN200000 00FF01B3300
VN200000 Düngen Betrieb Herbert
C Product Unit
C   ProductId AppRateUnit IntegrUnit
DN000400 00FF01D5010 00FF2858040 00FF285A040
VN000400 0 0203 2004
C Product Setpoint
C   ProductId ApplRateSP
DN000400 00FF01D5010 00FF2850050
VN000400 0 20000
C End of Job
T
C Task header ***** START OF TASK *****
C   TaskId   TaskStatus PartFieldId EffecTime InEffecTime
DN200000 00FF01C0080 00FF01C1010 00FF01C3010 00FF019B060 00FF019C060
VN200000 20020003 0 0 000000 000000
C Implement Data
C   ImplementId CultivArea
DN002000 00FF01D1010 00FF3080010
VN002000 0 0
C Process Data Setpoint
C   WorkWidth PtoRpm
DN000200 00FF3031040 00FF3012030
VN000200 1800 540
C Free Comment
C   Comment
DN200000 00FF01B3300
VN200000 Spritzen Betrieb Herbert
C Product Unit
C   ProductId AppRateUnit IntegrUnit
DN000400 00FF01D5010 00FF3058040 00FF305A040
VN000400 0 0203 2004
C Product Setpoint
C   ProductId ApplRateSP
DN000400 00FF01D5010 00FF3050050
VN000400 0 20000
C End of Job
T
C Task header ***** START OF TASK *****
```

C TaskId TaskStatus PartFieldId EffecTime InEffecTime
DN200000 00FF01C0060 00FF01C1010 00FF01C3010 00FF019B060 00FF019C060
VN200000 667154 2 0 024846 000000
C Task Time Period
C BeginDate BeginTime EndDate EndTime
DN200000 09FF0191080 0BFF0191060 0AFF0191080 0CFF0191060
VN200000 20020330 104633 20020330 162758
C Implement Data
C ImplementId CultivArea
DN002000 00FF01D1010 00FF0880060
VN002000 0 127427
C Product Unit
C ProductId AppRateUnit IntegrUnit
DN000400 00FF01D5010 00FF0858040 00FF085A040
VN000400 0 0203 2004
C Product Measured Data
C ProductId AppRatIntgr
DN000500 00FF01D5010 0BFF0850010
VN000500 0 0
C Gps logging
C LongPos LatPos Altitude Time Yield DeltaWeight MoisturePct WorkFlag
DN000800 08FF0109110 08FF010A100 08FF010B050 08FF0103060 08FF0104050 08FF0106050
00FF3804030 08FF0108030
VN000800 E0101637100 N495384060 02335 090842 00000 00000 000 000
VN000800 E0101637100 N495384060 02335 090842 00000 00000 000 001
VN000800 E0101637100 N495384060 02335 090842 00000 00000 000 000
VN000800 E0101637100 N495384060 02334 090843 00000 00000 000 001
VN000800 E0101637100 N495384060 02334 090843 00000 00000 000 000
VN000800 E0101637100 N495384060 02334 090844 00000 00000 000 001
... ..
... ..
VN000800 E0101598050 N495385960 02222 134412 00000 00000 000 001
VN000800 E0101598050 N495385960 02222 134412 00000 00000 000 000
VN000800 E0101597550 N495385790 02221 134413 00000 00000 000 001
VN000800 E0101597550 N495385790 02221 134413 00000 00000 000 000
VN000800 E0101597060 N495385630 02221 134414 00000 00000 000 001
VN000800 E0101597060 N495385630 02221 134414 00000 00000 000 000
C Position logging
C LongPos LatPos Altitude Time
DN000800 08FF0109110 08FF010A100 08FF010B050 08FF0103060
VN000800 E0101641810 N495382550 02332 082436
VN000800 E0101641810 N495382550 02332 082437
VN000800 E0101641810 N495382550 02332 082438
VN000800 E0101641810 N495382550 02332 082439
VN000800 E0101641810 N495382550 02332 082445
VN000800 E0101641810 N495382550 02332 082446
VN000800 E0101641810 N495382550 02332 082447
VN000800 E0101641810 N495382550 02332 082448
... ..
... ..
VN000800 E0101512710 N495325830 02474 140553
VN000800 E0101512710 N495325830 02474 140554
VN000800 E0101512710 N495325830 02474 140555
VN000800 E0101512710 N495325830 02474 140556
VN000800 E0101512710 N495325830 02474 140557
VN000800 E0101512710 N495325830 02474 140558
C End of Job
T
C ***** START OF CODELIST SECTION *****
C End of File
E

Anhang B: Tabellen der IMPORTDB

Tab. 1: Tabelle Traktor/Selbstfahrer (TRAKTSLF)

Fileheader-name	Spalten-name	Not Null (NN)/ Null (N)	Daten-typ	Län-ge	Ge-naui-g-keit	Kom-ma-stellen	Erklärung
	<u>DLNUMMER</u>	NN	integer				wird beim Import mit n=n+1 für jeden auch nicht aufgenommenen Datensatz vergeben
Date	<u>JAHR</u>	NN	smallint				von GPS, aushilfsweise Bordrechnerzeit
Date	<u>MONAT</u>	NN	smallint				von GPS, aushilfsweise Bordrechnerzeit
Date	<u>TAG</u>	NN	smallint				von GPS, aushilfsweise Bordrechnerzeit
	<u>TAGTEIL</u>	NN	smallint				um mehrmaliges Befahren von Teilflächen an einem Tag unterscheiden zu können
Time	<u>STUNDE</u>	N	smallint				von GPS, aushilfsweise Bordrechnerzeit
Time	<u>MINUTE</u>	N	smallint				von GPS, aushilfsweise Bordrechnerzeit
Time	<u>SEKUNDE</u>	N	smallint				von GPS, aushilfsweise Bordrechnerzeit
	<u>ARBEITER</u>	NN	character	3			ab September 2001 mit Personaldatei auf personenbezogener PCMCIA automatisch erfasst
Longitude	<u>LONGITUD</u>	N	decimal		10	8	Längengrad im WGS84 in Grad, Minuten, Dezimalminuten
N/S	<u>WODERO</u>	N	character	1			Nord- (N) oder Südhalbkugel (S) der Erde
Latitude	<u>LATITUDE</u>	N	decimal		10	8	Breitengrad im WGS84 in Grad, Minuten, Dezimalminuten
E/W	<u>NODERS</u>	N	character	1			östl. (E) bzw. westl. (W) Breiten
Altitude	<u>HOEHE</u>	N	decimal		10	6	Höhe über Meeresspiegel in Meter
HDOP	<u>HDOP</u>	N	decimal		7	6	beschreibt Qualität des GPS-Signals
Rec_Mode	<u>RECMODE</u>	N	character	4			ob aktuell in GPS oder DGPS aufgezeichnet
Area_Type	<u>AREATYPE</u>	N	character	10			räumliche Zuordnung auf mobiler Prozess-technik; Möglichkeiten: field, transport, mounting
Area_Name	<u>AREANAME</u>	N	character	10			Schlagname, Hofname sonst Transport
whole Fuel [l]	<u>TREIBGES</u>	N	decimal		9	6	Gesamtverbrauch Kraftstoff ab Aufzeichnungsbeginn in [l]; im IKB Dürnast derzeit nicht erfasst
Fuel [l/h]	<u>TREIBSTO</u>	N	decimal		9	6	momentaner Kraftstoffverbrauch in [l/h], im IKB Duernast derzeit nicht erfasst
Left Hitch Force	<u>ULENKERL</u>	N	smallint				Zugkraft am linken Unterlenker; (in Newton ganzzahlig, ab Juli 2001 in Kilonewton mit zwei Dezimalstellen); errechnet aus Hitch Left/Hitch Power
Right Hitch Force	<u>ULENKERR</u>	N	smallint				Zugkraft am rechten Unterlenker; Einheit siehe ULENKERL; errechnet aus Hitch Right/Hitch Power; ULENKERR + ULENKERL: negativ bedeutet Zugbelastung (Ackern); positiv bedeutet Druckbelastung ausgehobenes Gerät zur Darstellung wird Vorzeichen geändert
Hitch Left [pure]	<u>ULENKLPU</u>	N	smallint				Spannung an einem Dehnungsmessstreifen im linken Zugkraftmessbolzen (Volt) direkt von EHR in Task Controller;
Hitch Right [pure]	<u>ULENKRPU</u>	N	smallint				s. "Hitch Left"; im rechten Zugkraftmessbolzen
Back Hitch Pos Sensor [pure]	<u>BAHIPOSE</u>	N	smallint				Hubhöhe; von EHR direkt in Task Controller; maximale Spannung z.B. ganz oben
Hitch Power [pure]	<u>HITCHPOW</u>	N	smallint				Referenzspannung (Volt) direkt von EHR in Task Controller;
BUS Last [bit/sec]	<u>BUSLAST</u>	N	smallint				Auslastung des BUS in bit/sec
Min Laufzeit	<u>MINLAUFZ</u>	N	smallint				Diagnosegröße fuer TP 2
Act Laufzeit	<u>ACTLAUFZ</u>	N	smallint				Diagnosegröße fuer TP 2
Max Laufzeit	<u>MAXLAUFZ</u>	N	smallint				Diagnosegröße fuer TP 2
Heap Auslastung [byte]	<u>HEAPAUSL</u>	N	smallint				Diagnosegröße fuer TP 2
GETY	<u>GETY1</u>	N	smallint				definiert durch DIN 9684 Teil 3
POS	<u>POS1</u>	N	smallint				definiert durch DIN 9684 Teil 3

Nr	NUMMER1	N	smallint			definiert durch DIN 9684 Teil 3
Name	NAME1	N	character	10		Name des Traktors (im Betrieb eindeutig)
Speed Real	SPEEDREA	N	smallint			radarsensorbasierte Geschwindigkeitsmessung; i.d.R. von traktorinternen BUS; in mm/s; bei neueren Schleppern
Speed Theor	SPEEDTHE	N	smallint			getriebebasierte Geschwindigkeitsmessung in mm/s (mit Schlupfproblem) i.d.R. von traktorinternen Bus
Dist Real	DISTREAL	N	integer			Weg errechnet aus "Speed Real"*Zeit akkumuliert
Dist Theor	DISTTHEO	N	integer			Weg errechnet aus "Speed Theor"*Zeit akkumuliert
Engine RPM	ENGINRPM	N	integer			Motordrehzahl; von traktorinternen BUS
Front PTO	FRONTPTO	N	integer			Zapfwellendrehzahl vorne; nicht vorhanden
Back PTO	BACKPTO	N	integer			Zapfwellendrehzahl hinten
Front Hitch Pos	FROHIPOS	N	smallint			Position der Fronthydraulik; nicht vorhanden
State	STATETR	N	smallint			Status der Fronthydraulik regelt/nicht regelt (0/1); nicht vorhanden
Back Hitch Pos	BACHIPOS	N	smallint			Position der Heckhydraulik; aus "Back Hich Pos Sensor" und "Hitch Power"
State	STATEBAC	N	smallint			Status der Heckhydraulik regelt/regelt nicht (0/1)
tractor whole_time mount	TRWHTIMO	N	smallint			akkumulierte Zeit von mounting
tractor whole_dist mount	TRWHDIMO	N	smallint			akkumulierte Weglänge von mounting
tractor whole_time transport	TRWHTITR	N	smallint			akkumulierte Zeit von transport
tractor whole_dist transport	TRWHDITR	N	smallint			akkumulierte Weglänge von transport
GETY	GETY2	N	smallint			hier melden sich GPS und Terminal an
POS	POS2	N	smallint			hier melden sich GPS und Terminal an
Nr	NUMMER2	N	smallint			hier melden sich GPS und Terminal an
Name	NAME2	N	character	10		hier melden sich GPS und Terminal an
GETY	GETY3	N	smallint			hier melden sich GPS und Terminal an
POS	POS3	N	smallint			hier melden sich GPS und Terminal an
Nr	NUMMER3	N	smallint			hier melden sich GPS und Terminal an
Name	NAME3	N	character	10		hier melden sich GPS und Terminal an

Tab. 2: Tabelle Pflug

Fileheader-name	Spalten-name	Not Null (NN)/ Null (N)	Datentyp	Länge	Genauigkeit	Kom-mastel-len	Erklärung
	<u>DLNUMMER</u>	NN	integer				wird beim Import mit n=n+1 für jeden auch nicht aufgenommenen Datensatz vergeben
Date	<u>JAHR</u>	NN	smallint				von GPS, aushilfswise Bordrechnerzeit
Date	<u>MONAT</u>	NN	smallint				von GPS, aushilfswise Bordrechnerzeit
Date	<u>TAG</u>	NN	smallint				von GPS, aushilfswise Bordrechnerzeit
	<u>TAGTEIL</u>	NN	smallint				um mehrmaliges Befahren von Teilflächen an einem Tag unterscheiden zu können
	<u>ARBEITER</u>	NN	character	3			ab September 2001 mit Personaldatei auf personenbezogener PCMCIA automatisch erfasst
GETY_IMI_1	GETY	N	smallint				von LBS definiert DIN 9684 Teil 3
POS_IMI_1	POS	N	smallint				von LBS definiert DIN 9684 Teil 3
Nr_IMI_1	NUMMER	N	smallint				von LBS definiert DIN 9684 Teil 3
Name_IMI_1	NAME	N	character	10			Name des Anbaugerätes (im Betrieb eindeutig)
work_width_IMI	WORKWIDT	N	integer				theoretische Arbeitsbreite in mm (bei Vario-Pflug wäre Sensor notwendig)
whole_time_mounting	WHOTIMMO	N	smallint				akkumulierte Zeit bei "mounting"

whole_dist_mounting	WHODISMO	N	smallint				akkumulierte Weglänge bei "mounting"
whole_time_transport	WHOTIMTR	N	integer				akkumulierte Zeit bei "transport"
whole_dist_transport	WHODISTR	N	integer				akkumulierte Weglänge bei "transport"
whole_time field	WHOTIMFI	N	integer				akkumulierte Zeit im Feld
whole_dist field	WHODISFI	N	integer				akkumulierte Weglänge im Feld
work_time field	WORTIMFI	N	integer				akkumulierte Arbeitszeit im Feld wo ULENKERR + ULENKERL=negativ und "field"
work_dist field	WORKDISFI	N	integer				akkumulierte Arbeitsweglänge im Feld
work_area field	WORAREFI	N	integer				akkumulierte Arbeitsfläche im Feld (Arbeitsweglänge x Arbeitsbreite)
on/off_IMI_1	ONOFFMEC	N	smallint				arbeitet (100)/arbeitet nicht (0)

Tab. 3: Tabelle Grubber

Fileheader-name	Spalten-name	Not Null (NN)/ Null (N)	Daten-typ	Länge	Genauigkeit	Kom-mastel-len	Erklärung
	<u>DLNUMMER</u>	NN	integer				wird beim Import mit n=n+1 für jeden auch nicht aufgenommenen Datensatz vergeben
Date	<u>JAHR</u>	NN	smallint				von GPS, aushilfswise Bordrechnerzeit
Date	<u>MONAT</u>	NN	smallint				von GPS, aushilfswise Bordrechnerzeit
Date	<u>TAG</u>	NN	smallint				von GPS, aushilfswise Bordrechnerzeit
	<u>TAGTEIL</u>	NN	smallint				um mehrmaliges Befahren von Teilflächen an einem Tag unterscheiden zu können
	<u>ARBEITER</u>	NN	character	3			ab September 2001 mit Personaldatei auf personenbezogener PCMCIA automatisch erfasst
GETY	GETY	N	smallint				von LBS definiert DIN 9684 Teil 3
POS	POS	N	smallint				von LBS definiert DIN 9684 Teil 3
Nr	NUMMER	N	smallint				von LBS definiert DIN 9684 Teil 3
Name	NAME	N	character	10			Name des Anbaugerätes (im Betrieb eindeutig)
work_width	WORKWIDT	N	integer				theoretische Arbeitsbreite in mm
on/off	ONOFFMEC	N	smallint				arbeitet (100)/ arbeitet nicht (0); aus "Back Hitch Pos" (50-55 %)+ "field"+vorwaerts fahren

Tab. 4: Tabelle Kreiselegge (KEGGE)

Fileheader-name	Spalten-name	Not Null (NN)/ Null (N)	Daten-typ	Länge	Genauigkeit	Kom-mastel-len	Erklärung
	<u>DLNUMMER</u>	NN	integer				wird beim Import mit n=n+1 für jeden auch nicht aufgenommenen Datensatz vergeben
Date	<u>JAHR</u>	NN	smallint				von GPS, aushilfswise Bordrechnerzeit
Date	<u>MONAT</u>	NN	smallint				von GPS, aushilfswise Bordrechnerzeit
Date	<u>TAG</u>	NN	smallint				von GPS, aushilfswise Bordrechnerzeit
	<u>TAGTEIL</u>	NN	smallint				um mehrmaliges Befahren von Teilflächen an einem Tag unterscheiden zu können
	<u>ARBEITER</u>	NN	character	3			ab September 2001 mit Personaldatei auf personenbezogener PCMCIA automatisch erfasst
GETY	GETY	N	smallint				von LBS definiert DIN 9684 Teil 3
POS	POS	N	smallint				von LBS definiert DIN 9684 Teil 3
Nr	NUMMER	N	smallint				von LBS definiert DIN 9684 Teil 3
Name	NAME	N	character	10			Name des Anbaugerätes (im Betrieb eindeutig)
main_work_state	MAIWORST	N	smallint				arbeitet (100)/arbeitet nicht (0)
work_width	WORKWIDT	N	integer				theoretische Arbeitsbreite in mm
whole_time_mounting	WHOTIMMO	N	smallint				akkumulierte Zeit bei "mounting"
whole_dist_mounting	WHODISMO	N	smallint				akkumulierte Weglänge bei "mounting"

whole_time_transport	WHOTIMTR	N	integer				akkumulierte Zeit bei "transport"
whole_dist_transport	WHODISTR	N	integer				akkumulierte Weglänge bei "transport"
whole_time field	WHOTIMFI	N	integer				akkumulierte Zeit im Feld
whole_dist field	WHODISFI	N	integer				akkumulierte Arbeitsweglänge im Feld
work_time field	WORTIMFI	N	integer				akkumulierte Arbeitszeit im Feld wo ULENKERR + ULENKERL=negativ und "field"
work_dist field	WORKDISFI	N	integer				akkumulierte Arbeitsweglänge im Feld
work_area field	WORAREFI	N	integer				akkumulierte Arbeitsfläche im Feld (Arbeitsweglänge x Arbeitsbreite)

Tab. 5: Tabelle Sägerät (SAEGERAT)

Fileheader-name	Spalten-name	Not Null (NN)/ Null (N)	Daten-typ	Län-ge	Ge-naui-gkeit	Kom-mastel-len	Erklärung
	<u>DLNUMMER</u>	NN	integer				wird beim Import mit n=n+1 für jeden auch nicht aufgenommenen Datensatz vergeben
Date	<u>JAHR</u>	NN	smallint				von GPS, aushilfswise Bordrechnerzeit
Date	<u>MONAT</u>	NN	smallint				von GPS, aushilfswise Bordrechnerzeit
Date	<u>TAG</u>	NN	smallint				von GPS, aushilfswise Bordrechnerzeit
	<u>TAGTEIL</u>	NN	smallint				um mehrmaliges Befahren von Teilflächen an einem Tag unterscheiden zu können
	<u>ARBEITER</u>	NN	character	3			ab September 2001 mit Personaldatei auf personenbezogener PCMCIA automatisch erfasst
GETY	GETY	N	smallint				von LBS definiert DIN 9684 Teil 3
POS	POS	N	smallint				von LBS definiert DIN 9684 Teil 3
Nr	NUMMER	N	smallint				von LBS definiert DIN 9684 Teil 3
Name	NAME	N	character	10			Name des Anbaugerätes (im Betrieb eindeutig)
main_work_state	MAIWORST	N	smallint				arbeitet (100)/arbeitet nicht (0)
work_width	WORKWIDT	N	integer				theoretische Arbeitsbreite in mm
whole_time_mounting	WHOTIMMO	N	smallint				akkumulierte Zeit bei "mounting"
whole_dist_mounting	WHODISMO	N	smallint				akkumulierte Weglänge bei "mounting"
whole_time_transport	WHOTIMTR	N	integer				akkumulierte Zeit bei "transport"
whole_dist_transport	WHODISTR	N	integer				akkumulierte Weglänge bei "transport"
whole_time field	WHOTIMFI	N	integer				akkumulierte Zeit im Feld
whole_dist field	WHODISFI	N	integer				akkumulierte Arbeitsweglänge im Feld
work_time field	WORTIMFI	N	integer				akkumulierte Arbeitszeit im Feld wo ULENKERR + ULENKERL=negativ und "field"
work_dist field	WORKDISFI	N	integer				akkumulierte Arbeitsweglänge im Feld
work_area field	WORAREFI	N	integer				akkumulierte Arbeitsfläche im Feld (Arbeitsweglänge x Arbeitsbreite)
	KOSTEART	N	character	10			nach Vorgaben von TP 7

Tab. 6: Tabelle Einzelkornsägerät (EKSAEGER)

Fileheader-name	Spalten-name	Not Null (NN)/ Null (N)	Daten-typ	Län-ge	Ge-naui-gkeit	Kom-mastel-len	Erklärung
	<u>DLNUMMER</u>	NN	integer				wird beim Import mit n=n+1 für jeden auch nicht aufgenommenen Datensatz vergeben
Date	<u>JAHR</u>	NN	smallint				von GPS, aushilfswise Bordrechnerzeit
Date	<u>MONAT</u>	NN	smallint				von GPS, aushilfswise Bordrechnerzeit
Date	<u>TAG</u>	NN	smallint				von GPS, aushilfswise Bordrechnerzeit
	<u>TAGTEIL</u>	NN	smallint				um mehrmaliges Befahren von Teilflächen an einem Tag unterscheiden zu können

	<u>ARBEITER</u>	NN	character	3			ab September 2001 mit Personaldatei auf personenbezogener PCMCIA automatisch erfasst
GETY	GETY	N	smallint				von LBS definiert DIN 9684 Teil 3
POS	POS	N	smallint				von LBS definiert DIN 9684 Teil 3
Nr	NUMMER	N	smallint				von LBS definiert DIN 9684 Teil 3
Name	NAME	N	character	10			Name des Anbaugerätes (im Betrieb eindeutig)
main_work_state	MAIWORST	N	smallint				arbeitet (100)/arbeitet nicht (0)
work_width	WORKWIDT	N	integer				theoretische Arbeitsbreite in mm
whole_time_mounting	WHOTIMMO	N	smallint				akkumulierte Zeit bei "mounting"
whole_dist_mounting	WHODISMO	N	smallint				akkumulierte Weglänge bei "mounting"
whole_time_transport	WHOTIMTR	N	integer				akkumulierte Zeit bei "transport"
whole_dist_transport	WHODISTR	N	integer				akkumulierte Weglänge bei "transport"
whole_time field	WHOTIMFI	N	integer				akkumulierte Zeit im Feld
whole_dist field	WHODISFI	N	integer				akkumulierte Arbeitsweglänge im Feld
work_time field	WORTIMFI	N	integer				akkumulierte Arbeitszeit im Feld wo ULENKERR + ULENKERL=negativ und "field"
work_dist field	WORKDISFI	N	integer				akkumulierte Arbeitsweglänge im Feld
work_area field	WORAREFI	N	integer				akkumulierte Arbeitsfläche im Feld (Arbeitsweglänge x Arbeitsbreite)
	KOSTEART	N	character	10			nach Vorgaben von TP 7

Tab. 7: Tabelle Düngerstreuer (DNGRSTRA)

Fileheader-name	Spalten-name	Not Null (NN)/ Null (N)	Datentyp	Länge	Genauigkeit	Kom-mastel-len	Erklärung
	<u>DLNUMMER</u>	NN	integer				wird beim Import mit n=n+1 für jeden auch nicht aufgenommenen Datensatz vergeben
Date	<u>JAHR</u>	NN	smallint				von GPS, aushilfswise Bordrechnerzeit
Date	<u>MONAT</u>	NN	smallint				von GPS, aushilfswise Bordrechnerzeit
Date	<u>TAG</u>	NN	smallint				von GPS, aushilfswise Bordrechnerzeit
	<u>TAGTEIL</u>	NN	smallint				um mehrmaliges Befahren von Teilflächen an einem Tag unterscheiden zu können
	<u>ARBEITER</u>	NN	character	3			ab September 2001 mit Personaldatei auf personenbezogener PCMCIA automatisch erfasst
GETY	GETY	N	smallint				von LBS definiert DIN 9684 Teil 3
POS	POS	N	smallint				von LBS definiert DIN 9684 Teil 3
Nr	NUMMER	N	smallint				von LBS definiert DIN 9684 Teil 3
Name	NAME	N	character	10			Name des Anbaugerätes (im Betrieb eindeutig)
main_work_state	MAIWORST	N	smallint				arbeitet (1)/arbeitet nicht (0) aus z.B. Durchfluss größer 0, Hubwerksposition, Schieber auf/zu
work_width	WORKWIDT	N	integer				Arbeitsbreite in mm; vom Herstellerjobrechner
whole_time_mounting	WHOTIMMO	N	smallint				akkumulierte Zeit bei "mounting"
whole_dist_mounting	WHODISMO	N	smallint				akkumulierte Weglänge bei "mounting"
whole_time_transport	WHOTIMTR	N	integer				akkumulierte Zeit bei "transport"
whole_dist_transport	WHODISTR	N	integer				akkumulierte Weglänge bei "transport"
whole_time field	WHOTIMFI	N	integer				akkumulierte Zeit im Feld
whole_dist field	WHODISFI	N	integer				akkumulierte Arbeitsweglänge im Feld
work_time field	WORTIMFI	N	integer				akkumulierte Arbeitszeit im Feld wo ULENKERR + ULENKERL=negativ und "field"
work_dist field	WORKDISFI	N	integer				akkumulierte Arbeitsweglänge im Feld
work_area field	WORAREFI	N	integer				akkumulierte Arbeitsfläche im Feld (Arbeitsweglänge x Arbeitsbreite)
on/off mech	ONOFFMEC	N	smallint				Schieber auf/zu (immer nur 0)

on/off elektr	ONOFFELE	N	smallint				immer 0
	KOSTEART	N	character	10			nach Vorgaben von TP 7
Setpoint Application Rate ha [l/ha]	SEAPRAHA	N	smallint				Sollwert in 100g Dünger/ha
Measured Application Rate ha [l/ha]	MEAPRAHA	N	smallint				Messwert aus Durchfluss * Fläche in 100g /ha (bei einigen Systemen wird nur der Sollwert vom Jobrechner nur gespiegelt)
Section State	STATSTAT	N	smallint				Definition der aktiven Arbeitsteilbreiten (Betrachtung von vorne auf System): Düse rechts außen: 1; Düse rechts: 3; Düse links: 5; Düse links außen: 7; alle außer Düse rechts außen: 14; alle: 15
application Rate min [l/min]	APRATMIN	N	smallint				Messung am Durchflusssensor
Application Volume [l]	APPLVOLUM	N	smallint				akkumulierte Ausbringung
Tank Vol [l]	TANKVOLU	N	integer				Restmenge im Tank in [l]
Setpoint Pressure [bar]	SETPRES	N	integer				Soll-Druck; Hintergrund: Jobrechner für Düngestreuer eigentlich für Pflanzenschutzspritze
Measured Pressure [bar]	MEASPRES	N	smallint				gemessener Druck; Hintergrund: Jobrechner für Düngestreuer eigentlich für PSMspritze
	EC	N	smallint				Entwicklungsstadium des Pflanzenbestandes

Tab. 8: Tabelle Pflanzenschutzspritze (PSMSPRIT)

Fileheader-name	Spaltenname	Not Null (NN)/ Null (N)	Datentyp	Länge	Genauigkeit	Kommentaren	Erklärung
	<u>DLNUMMER</u>	NN	integer				wird beim Import mit n=n+1 für jeden auch nicht aufgenommenen Datensatz vergeben
Date	<u>JAHR</u>	NN	smallint				von GPS, aushilfswise Bordrechnerzeit
Date	<u>MONAT</u>	NN	smallint				von GPS, aushilfswise Bordrechnerzeit
Date	<u>TAG</u>	NN	smallint				von GPS, aushilfswise Bordrechnerzeit
	<u>TAGTEIL</u>	NN	smallint				um mehrmaliges Befahren von Teilflächen an einem Tag unterscheiden zu können
	<u>ARBEITER</u>	NN	character	3			ab September 2001 mit Personaldatei auf personenbezogener PCMCIA automatisch erfasst
GETY	GETY	N	smallint				von LBS definiert DIN 9684 Teil 3
POS	POS	N	smallint				von LBS definiert DIN 9684 Teil 3
Nr	NUMMER	N	smallint				von LBS definiert DIN 9684 Teil 3
Name	NAME	N	character	10			Name des Anbaugerätes (im Betrieb eindeutig)
main_work_state	MAIWORST	N	smallint				arbeitet/arbeitet nicht (hier immer 0)
work_width	WORKWIDT	N	integer				Arbeitsbreite in mm; vom Herstellerjobrechner
whole_time_mounting	WHOTIMMO	N	smallint				akkumulierte Zeit bei "mounting"
whole_dist_mounting	WHODISMO	N	smallint				akkumulierte Weglänge bei "mounting"
whole_time_transport	WHOTIMTR	N	integer				akkumulierte Zeit bei "transport"
whole_dist_transport	WHODISTR	N	integer				akkumulierte Weglänge bei "transport"
whole_time field	WHOTIMFI	N	integer				akkumulierte Zeit im Feld
whole_dist field	WHODISFI	N	integer				akkumulierte Arbeitsweglänge im Feld
work_time field	WORTIMFI	N	integer				akkumulierte Arbeitszeit im Feld wo ULENKERR + ULENKERL=negativ und "field"
work_dist field	WORKDISFI	N	integer				akkumulierte Arbeitsweglänge im Feld
work_area field	WORAREFI	N	integer				akkumulierte Arbeitsfläche im Feld (Arbeitsweglänge x Arbeitsbreite)
on/off mech	ONOFFMEC	N	smallint				(immer nur 0)
on/off elektr	ONOFFELE	N	smallint				(immer nur 0)
	KOSTEART	N	character	10			nach Vorgaben von TP 7
Setpoint Application Rate ha [l/ha]	SEAPRAHA	N	smallint				Sollwert [l/ha]

Measured Application Rate ha [l/ha]	MEAPRAHA	N	smallint				Meßwert aus Durchfluss * Fläche in l /ha (bei einigen Systemen Sollwert nur gespiegelt)
Section State	STATSTAT	N	smallint				Definition der aktiven Arbeitsteilbreiten hier immer nur 0
application Rate min [l/min]	APRATMIN	N	smallint				Messung am Durchflusssensor [l/min] hier immer nur 0
Application Volume [l]	APPLVOLUM	N	smallint				akkumulierte Ausbringung [l] hier immer nur 0
Tank Vol [l]	TANKVOLU	N	integer				Restmenge im Tank [l]; immer nur 0
Setpoint Pressure [bar]	SETPPRES	N	integer				Soll-Druck [bar]
Measured Pressure [bar]	MEASPRES	N	smallint				gemessener Druck [bar]
	EC	N	smallint				Entwicklungsstadium des Pflanzenbestandes

Tab. 9: Tabelle Mähdrescher (MAEHDRES)

Fileheader-name	Spalten-name	Not Null (NN)/ Null (N)	Datentyp	Länge	Genauigkeit	Kom-mastel-len	Erklärung
	<u>DLNUMMER</u>	NN	integer				wird beim Import mit n=n+1 für jeden auch nicht aufgenommenen Datensatz vergeben
	<u>JAHR</u>	NN	smallint				von GPS, aushilfsweise Bordrechnerzeit
	<u>MONAT</u>	NN	smallint				von GPS, aushilfsweise Bordrechnerzeit
	<u>TAG</u>	NN	smallint				von GPS, aushilfsweise Bordrechnerzeit
	<u>TAGTEIL</u>	NN	smallint				um mehrmaliges Befahren von Teilflächen an einem Tag unterscheiden zu können
	<u>ARBEITER</u>	NN	character	3			wird durch Importskript eingefügt
	GETY	N	smallint				von LBS definiert DIN 9684 Teil 3
	POS	N	smallint				von LBS definiert DIN 9684 Teil 3
	NUMMER	N	smallint				von LBS definiert DIN 9684 Teil 3
	NAME	N	character	10			Name des Selbstfahrers (im Betrieb eindeutig)
	ERTRDTHA	N	smallint				Ertrag in dt/ha
	ERTRBUAC	N	integer				Ertrag in bu/ac
	FEUCHTE	N					Feuchte in %

Tab. 10: Tabelle Feldhäcksler (FHAECKSL)

Fileheader-name	Spalten-name	Not Null (NN)/ Null (N)	Datentyp	Länge	Genauigkeit	Kom-mastel-len	Erklärung
	<u>DLNUMMER</u>	NN	integer				wird beim Import mit n=n+1 für jeden auch nicht aufgenommenen Datensatz vergeben
	<u>JAHR</u>	NN	smallint				von GPS, aushilfsweise Bordrechnerzeit
	<u>MONAT</u>	NN	smallint				von GPS, aushilfsweise Bordrechnerzeit
	<u>TAG</u>	NN	smallint				von GPS, aushilfsweise Bordrechnerzeit
	<u>TAGTEIL</u>	NN	smallint				um mehrmaliges Befahren von Teilflächen an einem Tag unterscheiden zu können
	<u>ARBEITER</u>	NN	character	3			wird während durch Importskript eingefügt
	GETY	N	smallint				von LBS definiert DIN 9684 Teil 3
	POS	N	smallint				von LBS definiert DIN 9684 Teil 3
	NUMMER	N	smallint				von LBS definiert DIN 9684 Teil 3
	NAME	N	character	10			Name des Selbstfahrers (im Betrieb eindeutig)
	ERTRDTHA	N	smallint				Ertrag in dt/ha

Tab. 11: Tabelle Transport (TRANSPOR)

Fileheader-name	Spalten-name	Not Null (NN)/ Null (N)	Daten-typ	Län-ge	Ge-naui-gkeit	Kom-mastel-len	Erklärung
	<u>DLNUMMER</u>	NN	integer				wird beim Import mit n=n+1 für jeden auch nicht aufgenommenen Datensatz vergeben
Date	<u>JAHR</u>	NN	smallint				von GPS, aushilfsweise Bordrechnerzeit
Date	<u>MONAT</u>	NN	smallint				von GPS, aushilfsweise Bordrechnerzeit
Date	<u>TAG</u>	NN	smallint				von GPS, aushilfsweise Bordrechnerzeit
	<u>TAGTEIL</u>	NN	smallint				um mehrmaliges Befahren von Teilflächen an einem Tag unterscheiden zu können
	<u>ARBEITER</u>	NN	character	3			ab September 2001 mit Personaldatei auf personenbezogener PCMCIA automatisch erfasst
GETY	GETY	N	smallint				von LBS definiert DIN 9684 Teil 3
POS	POS	N	smallint				von LBS definiert DIN 9684 Teil 3
Nr	NUMMER	N	smallint				von LBS definiert DIN 9684 Teil 3
Name	NAME	N	character	10			Name des Anbaugerätes (im Betrieb eindeutig)
main_work_state	MAIWORST	N	smallint				in Fahrt (nicht 0), Stand (0)
work_width	WORKWIDT	N	integer				theoretische Arbeitsbreite in mm

Tab. 12: Tabelle Mulchgerät (MULCHGER)

Fileheader-name	Spalten-name	Not Null (NN)/ Null (N)	Daten-typ	Län-ge	Ge-naui-gkeit	Kom-mastel-len	Erklärung
	<u>DLNUMMER</u>	NN	integer				wird beim Import mit n=n+1 für jeden auch nicht aufgenommenen Datensatz vergeben
Date	<u>JAHR</u>	NN	smallint				von GPS, aushilfsweise Bordrechnerzeit
Date	<u>MONAT</u>	NN	smallint				von GPS, aushilfsweise Bordrechnerzeit
Date	<u>TAG</u>	NN	smallint				von GPS, aushilfsweise Bordrechnerzeit
	<u>TAGTEIL</u>	NN	smallint				um mehrmaliges Befahren von Teilflächen an einem Tag unterscheiden zu können
	<u>ARBEITER</u>	NN	character	3			ab September 2001 mit Personaldatei auf personenbezogener PCMCIA automatisch erfasst
GETY	GETY	N	smallint				von LBS definiert DIN 9684 Teil 3
POS	POS	N	smallint				von LBS definiert DIN 9684 Teil 3
Nr	NUMMER	N	smallint				von LBS definiert DIN 9684 Teil 3
Name	NAME	N	character	10			Name des Anbaugerätes (im Betrieb eindeutig)
main_work_state	MAIWORST	N	smallint				immer 1
work_width	WORKWIDT	N	integer				theoretische Arbeitsbreite in mm

Anhang C: Skript für Datenimport in IMPORTDB

```
#!/usr/bin/perl

use Cwd;
# use AutoLoader 'AUTOLOAD';
use DBI;
use DBD::DB2::Constants;
use DBD::DB2;

# use Getopt;
use Getopt::Long;
# use Getopt::Long::GetOptions();
$Getopt::Long::ignorecase=0; #case sensitive options

BEGIN {
# *****
# static information...
$VERSION = "1.0 07 Apr 1999";
$script = __FILE__;
$script =~ s/^\././;
# *****
$database = "IMPORTDB";
$table = "ZENTRAL";
# $sql = "UPDATE TLC SET PINNAME = 'NC'";
$hostname = "XXXX";
$user = "XXXX";
$password = "XXXX";
# *****
}

$HELP = <<_HELP;
-----
Usage: $script [OPTIONS]

 [--source ] source file
 [--help ] display this helpscreen and exit
 [--usage ] display this helpscreen and exit
 [--version ] print information on the program `'$script'` and exit
 [--debug=N ] enter debuglevel N (0..3)

Note:
+ Wilcards (*,?,%,_) are allowed, but be sure
to escape them from your shell!! (ie type \* or \%)
-----
_HELP

# ++++++ START OF THE PROGRAM #
# ++++++

# *****
# debugging flag
# can be set to 0,1,2,3
# a higher value gives more info
# ! this can also be set on the command-line
$DEBUG = 0;

# *****
# no caching on STDOUT
$l=1;
# *****
# Read in all parameters

# Get options from commandline

$status = Getopt::Long::GetOptions(
"source=s"
```



```
        ,"helplusage"
        ,"version"
        ,"debug=i"
    );

if (!$status) {
    print STDOUT $HELP;
    exit 1;
}
# *****
# set DEBUG
if (defined($opt_debug)) {
    $DEBUG = $opt_debug if ($opt_debug>=$DEBUG);
}
# *****
# get help if necc.
if (defined($opt_help)) {
    $opt_help = 1;
    print STDOUT $HELP;
    exit 0;
}
if (defined($opt_version)) {
    $opt_version = 1;
    print STDOUT "$VERSION\n";
    exit 0;
}
#####

#definieren des einzulesenden Files
@imi_file = ( "/home/XXXX.csv");

#####

my $counter = 1;
my $tagteil = 1;
my $arbeiter = XXZ;
my $kostenart = 'XXX';
my $erntegut = 'WWeizen';

#####

#alle moeglichen spaeteren Spaltennamen
my $dlnummer; my $jahr; my $monat; my $tag; my $stunde; my $minute; my $sekunde; my $longitud; my $noders; my
$latitude; my $wodero; my $hoehe; my $hdop; my $recmode; my $areatype; my $areaname; my $streibges; my $streibsto; my
$ulenkerl; my $ulenkerr; my $ulenklu; my $ulenkru; my $bahipose; my $hitchpow; my $buslast; my $minlaufz; my
$actlaufz; my $maxlaufz; my $heapausl; my $gety1; my $pos1; my $nummer1; my $name1; my $speedrea; my $speedthe;
my $distreal; my $disttheo; my $enginrpm; my $frontpto; my $backpto; my $frohipos; my $statetr; my $bachipos; my
$statebac; my $strwhtimo; my $strwhdimo; my $strwhdtr; my $gety2; my $pos2; my $nummer2; my $name2; my
$gety3; my $pos3; my $nummer3; my $name3; my $anbau1; my $anbau2; my $anbau3; my $anbau4; my $anbau5; my
$anbau6; my $anbau7; my $anbau8; my $anbau9; my $anbau10; my $anbau11; my $anbau12; my $anbau13; my $anbau14;
my $anbau15; my $anbau16; my $anbau17; my $anbau18; my $anbau19; my $anbau20; my $anbau21; my $anbau22; my
$anbau23; my $anbau24; my $anbau25; my $anbau26; my $anbau27; my $anbau28; my $anbau29; my $anbau30; my
$anbau31; my $anbau32; my $anbau33; my $anbau34; my $anbau35; my $anbau36;

# Fileinput
foreach $files (@imi_file){
    $filename = $files;
    $filename = ~ s/^\.*V//;
    print "Reading file $files \n";
}

#if (defined($opt_source)) {

    open(FILEINPUT, "$files") || die "Can't open $opt_source: $!\n";
    binmode FILEINPUT; #fuer Dosensysteme
    use DBI;

    # Create new database handle. If we can't connect, die()
    $dbh = DBI->connect("DBI:DB2:$database", $user, $password);
    # my $dbh = DBI->connect("DBI:DB2:$database", $user, $password);
}
```

```
if ( !defined $dbh ) {
    die "Cannot connect to DB2
        server: $DBI::errstr\n";
    exit 2;
}
}

linestring : while(defined($line=<FILEINPUT>)){
    chomp($line);
    $line =~ s/^\s*//;
    $line =~ s/\s*$//;
    $line =~ s/\s//g;
    $line =~ s/\./:/g;
    $line =~ s/;/:/g;
    $line =~ s/,\./:/g;
    print $line, \n;

    $strenner = (split (/:/, $line))[8];
    if ($strenner =~ /(MFDVFlowc)|(JD8rFH)/){
        ($tag, $monat, $jahr) = (split (/:/, $line))[0,1,2];
        ($longitud, $wodero, $latitude) = (split (/:/, $line))[3,4,5];
        ($noders, $gety1, $name1) = (split (/:/, $line))[6,7,8];
        ($anbau1, $anbau2) = (split (/:/, $line))[9,10];
        $longituddd = ($longitud - 1100)/60 + 11;
        $latitudedd = ($latitude - 4800)/60 + 48;
        $sql = "INSERT INTO $table (dlnummer, jahr, monat, tag, tages-
            arbeiter, longitud, wodero, latitude, noders, gety1, name1)";
        $sql .= "VALUES ($counter, $jahr, $monat, $tag, $tagteil,
            'Sarbeiter', $longituddd, $noders, $latitudedd, $wodero, $gety1,
            $name1)";
        $dbh->do($sql);
        print "$sql\n";

        if ($name1 =~ /MFDVFlowc/ ) {
            $sql = "INSERT INTO MAEHDRES (dlnummer, jahr, monat, tag, tages-
                teil, arbeiter, ertrag, feuchte, erntegut) ";
            $sql .= "VALUES ($counter, $jahr, $monat, $tag, $tagteil, 'Sarbei-
                ter', $anbau1, $anbau2, 'Serntegut')";
            $dbh->do($sql);
        } elsif ($name1 =~ /JD8rFH/ ) {
            $sql = "INSERT INTO FHAECKSL (dlnummer, jahr, monat, tag, tages-
                teil, arbeiter, ertrag, erntegut) ";
            $sql .= "VALUES ($counter, $jahr, $monat, $tag, $tagteil, 'Sarbei-
                ter', $anbau1, 'Serntegut')";
            $dbh->do($sql);
        } else { print "Error: Anbau4 has invalid value $anbau4\n" }
    }
} else { ($tag, $monat, $jahr) = (split (/:/, $line))[0,1,2];
    ($stunde, $minute, $sekunde) = (split (/:/, $line))[3,4,5];
    ($longitud, $noders, $latitude) = (split (/:/, $line))[6,9,8];
    ($wodero, $hoehe, $hdop) = (split (/:/, $line))[7,10,11];
    ($recmode, $areatype, $areaname) = (split (/:/, $line))[12,13,14];
    ($streibges, $streibsto, $sulenkerl) = (split (/:/, $line))[15,16,17];
    ($sulenker, $sulenklpu) = (split (/:/, $line))[18,19];
    ($sulenkrpu, $bahipose, $hitchpow) = (split (/:/, $line))[20,21,22];
    ($buslast, $minlaufz, $actlaufz) = (split (/:/, $line))[23,24,25];
    ($maxlaufz, $heapausl, $gety1) = (split (/:/, $line))[26,27,28];
    ($pos1, $nummer1, $name1) = (split (/:/, $line))[29,30,31];
    ($speedrea, $speedthe, $distreal) = (split (/:/, $line))[32,33,34];
    ($disttheo, $enginrpm, $frontpto) = (split (/:/, $line))[35,36,37];
    ($backpto, $frohipos, $statetr) = (split (/:/, $line))[38,39,40];
    ($bachipos, $statebac, $trwhtimo) = (split (/:/, $line))[41,42,43];
    ($trwhdim, $trwhtitr, $trwhdtr) = (split (/:/, $line))[44,45,46];
    ($anbau1, $anbau2, $anbau3) = (split (/:/, $line))[47,48,49];
    ($anbau4, $anbau5, $anbau6) = (split (/:/, $line))[50,51,52];
    ($anbau7, $anbau8, $anbau9) = (split (/:/, $line))[53,54,55];
    ($anbau10, $anbau11, $anbau12) = (split (/:/, $line))[56,57,58];
    ($anbau13, $anbau14, $anbau15) = (split (/:/, $line))[59,60,61];
    ($anbau16, $anbau17, $anbau18) = (split (/:/, $line))[62,63,64];
```

```
($anbau19, $anbau20, $anbau21) = (split (/:/, $line))[65,66,67];
($anbau22, $anbau23, $anbau24) = (split (/:/, $line))[68,69,70];
($anbau25, $anbau26, $anbau27) = (split (/:/, $line))[71,72,73];
($anbau28, $anbau29, $anbau30) = (split (/:/, $line))[74,75,76];
($anbau31, $anbau32, $anbau33) = (split (/:/, $line))[77,78,79];
($anbau34, $anbau35, $anbau36) = (split (/:/, $line))[80,81,82];
$longituddd = ($longitud - 1100)/60 +11;
$latitudedd = ($latitude - 4800)/60 +48;
$ulenkerld = $ulenkerr/10;
$ulenkerrd = $ulenkerr/10;
```

```
$sql = "INSERT INTO $table (dlnummer, jahr, monat, tag, tagesteil,
stunde, minute, sekunde, arbeiter, longitud, wodero, latitude,
noders, hoehe, hdop, recmode, areatype, areaname, treibges, treib-
sto, ulenkerl, ulenkerr, ulenklpu, ulenkrpu, bahipose, hitchpow,
buslast, minlaufz, actlaufz, maxlaufz, heapausl, gety1, pos1, num-
mer1, name1, speedrea, speedthe, distreal, disttheo, enginrpm,
frontpto, backpto, frohipos, statetr, bachipos, statebac, trwhtimo,
trwhdimo, trwhtitr, trwhditr)";
```

```
$sql .= "VALUES ($counter, $jahr, $monat, $tag, $tagteil, $stunde,
$minute, $sekunde, 'Sarbeiter', $longituddd, $noders, $latitudedd,
$wodero, $hoehe, $hdop, $recmode, $areatype, $areaname,
$treibges, $treibsto, $ulenkerld, $ulenkerrd, $ulenklpu, $ulenkrpu,
$bahipose, $hitchpow, $buslast, $minlaufz, $actlaufz, $maxlaufz,
$heapausl, $gety1, $pos1, $nummer1, '$name1', $speedrea, $speedthe,
$distreal, $disttheo, $enginrpm, $frontpto, $backpto, $frohipos,
$statetr, $bachipos, $statebac, $trwhtimo, $trwhdimo, $trwhtitr,
$trwhditr)";
$dbh->do($sql);
print "$sql\n";
```

```
if ($anbau4 =~ /(00060P1)/) {
```

```
$sql = "INSERT INTO DNGRSTRA (dlnummer, jahr, monat, tag, tage-
steil, arbeiter, gety, pos, nummer, name, maiworst, workwidt,
whotimtr, whodistr, whotimfi, whodisfi, wortimfi, wordisfi, wora-
refi, onoffmec, onoffele, kosteart, seapraha, meapraha, statstat,
apratmin, applvolum, tankvolu, setpres, measpres) ";
```

```
$sql .= "VALUES ($counter, $jahr, $monat, $tag, $tagteil, 'Sarbei-
ter', $anbau1, $anbau2, $anbau3, '$anbau4', $anbau5, $anbau6,
$anbau9, $anbau10, $anbau11, $anbau12, $anbau13, $anbau14, $an-
bau15, $anbau16, $anbau17, '$kostenart', $anbau18, $anbau19, $an-
bau20, $anbau21, $anbau22, $anbau23, $anbau24, $anbau25)";
$dbh->do($sql);
```

```
} elsif ($anbau4 =~ /(0006103)(MESPR31)/) {
```

```
$sql = "INSERT INTO PSMSPRIT (dlnummer, jahr, monat, tag, tagesteil,
arbeiter, gety, pos, nummer, name, maiworst, workwidt, whotimmo,
whodismo, whotimtr, whodistr, whotimfi, whodisfi, wortimfi, workdis-
fi, worarefi, onoffmec, onoffele, kosteart, seapraha, meapraha,
statstat, apratmin, applvolum, tankvolu, setppres, measpres) ";
```

```
$sql .= "VALUES ($counter, $jahr, $monat, $tag, $tagteil, 'Sarbei-
ter', $anbau1, $anbau2, $anbau3, '$anbau4', $anbau5, $anbau6, $an-
bau7, $anbau8, $anbau9, $anbau10, $anbau11, $anbau12, $anbau13,
$anbau14, $anbau15, $anbau16, $anbau17, '$kostenart', $anbau18,
$anbau19, $anbau20, $anbau21, $anbau22, $anbau23, $anbau24, $an-
bau25)";
```

```
$dbh->do($sql);
```

```
} elsif ($anbau4 =~ /Grubber/) {
```

```
$sql = "INSERT INTO GRUBBER (dlnummer, jahr, monat, tag, tagesteil,
arbeiter, gety, pos, nummer, name, workwidt, onoffmec) ";
```

```
$sql .= "VALUES ($counter, $jahr, $monat, $tag, $tagteil, 'Sarbei-
ter', $anbau1, $anbau2, $anbau3, '$anbau4', $anbau6, $anbau16)";
$dbh->do($sql);
```

```
} elsif ($anbau4 =~ /KleiMul/) {
```

```
$sql = "INSERT INTO EKSAEGER (dlnummer, jahr, monat, tag, tagesteil,
arbeiter, gety, pos, nummer, name, maiworst, workwidt, whotimmo,
whodismo, whotimtr, whodistr, whotimfi, whodisfi, wortimfi, workdis-
fi, worarefi, kosteart) ";
```

```
$sql .= "VALUES ($counter, $jahr, $monat, $tag, $tagteil, 'Sarbei-
ter',
```

```
        $anbau1, $anbau2, $anbau3, '$anbau4', $anbau5, $anbau6, $anbau7,
        $anbau8, $anbau9, $anbau10, $anbau11, $anbau12, $anbau13, $anbau14, $anbau15, '$kostenart');
        $dbh->do($sql);
    } elsif ($anbau4 =~ /drillma/) {
        $sql = "INSERT INTO SAEGERAT (dlnummer, jahr, monat, tag, tagesteil,
            arbeiter, gety, pos, nummer, name, maiworst, workwidt, kosteart) ";
        $sql .= "VALUES ($counter, $jahr, $monat, $tag, $tagesteil, '$arbei-
            ter', $anbau1, $anbau2, $anbau3, '$anbau4', $anbau5, $anbau6,
            '$kostenart')";
        $dbh->do($sql);
    } elsif ($anbau4 =~ /KreiEgg/) {
        $sql = "INSERT INTO KEGGE (dlnummer, jahr, monat, tag, tagesteil,
            arbeiter, gety, pos, nummer, name, maiworst, workwidt, whotimmo,
            whodismo, whotimtr, whodistr, whotimfi, whodisfi, wortimfi, workdisfi, worarefi) ";
        $sql .= "VALUES ($counter, $jahr, $monat, $tag, $tagesteil, '$arbei-
            ter', $anbau1, $anbau2, $anbau3, '$anbau4', $anbau5, $anbau6,
            $anbau7, $anbau8, $anbau9, $anbau10, $anbau11, $anbau12, $anbau13,
            $anbau14, $anbau15)";
        $dbh->do($sql);
    } elsif ($anbau4 =~ /Pflug/) {
        $sql = "INSERT INTO PFLUG (dlnummer, jahr, monat, tag, tagesteil,
            arbeiter, gety, pos, nummer, name, workwidt, whotimmo,
            whodismo, whotimtr, whodistr, whotimfi, whodisfi, wortimfi, workdisfi, worarefi, onoffmec) ";
        $sql .= "VALUES ($counter, $jahr, $monat, $tag, $tagesteil, '$arbei-
            ter', $anbau1, $anbau2, $anbau3, '$anbau4', $anbau5, $anbau6, $an-
            bau7, $anbau8, $anbau9, $anbau10, $anbau11, $anbau12, $anbau13, $an-
            bau14, $anbau15)";
        $dbh->do($sql);
    } elsif ($anbau4 =~ /Mulchen/) {
        $sql = "INSERT INTO MULCHGER (dlnummer, jahr, monat, tag, tagesteil,
            arbeiter, gety, pos, nummer, name, maiworst, workwidt) ";
        $sql .= "VALUES ($counter, $jahr, $monat, $tag, $tagesteil, '$arbei-
            ter', $anbau1, $anbau2, $anbau3, '$anbau4', $anbau5, $anbau6)";
        $dbh->do($sql);
    } elsif ($anbau4 =~ /(Wagen1)|(Wagen3)/) {
        $sql = "INSERT INTO TRANSPOR (dlnummer, jahr, monat, tag, tagesteil,
            arbeiter, gety, pos, nummer, name, maiworst, workwidt) ";
        $sql .= "VALUES ($counter, $jahr, $monat, $tag, $tagesteil, '$arbei-
            ter', $anbau1, $anbau2, $anbau3, '$anbau4', $anbau5, $anbau6)";
        $dbh->do($sql);
    } else {print "Error: Anbau4 has invalid value $anbau4\n"}
    print "$sql\n";
    $counter = $counter +1;
}

# Prepare the statement for execution
$sth = $dbh->prepare($sql);
if ( !defined $sth ) {
    die "Cannot prepare statement: $DBI::errstr\n";
    exit 2;
}

# Execute the statement at the database level
$sth->execute;
if ( !defined $sth ) {
    die "Cannot execute statement: $DBI::errstr\n";
    exit 2;
}

# Release the statement handle resources
$sth->finish;

close(FILEINPUT);

# Disconnect from the database
$dbh->disconnect;
```

Anhang D: In IMPORTDB enthaltene Daten der mobilen Prozesstechnik

Tab. 13: Zusammenstellung der in IMPORTDB befindlichen Datensätze

Datei-nummer	Bewirt-schaftungs-maßnahme	Arbeits-breite (m)	Jahr	Monat	Tag	Ort und Bemerkungen	Anzahl ex-portierter Zeilen	Datei-umfang (kByte)
1	Grubbern	3	2000	8	14	S4	21926	2821
2	Grubbern	3	2000	8	17	D3, Transport	16092	2061
3	Grubbern	3	2000	8	21	D4, D8 1/2, Transport	30575	3929
4	Grubbern	3	2000	8	22	D8 1/2, D13 1/4, Transport	15467	1997
5	Grubbern	3	2000	8	23	D4, D13 1/2, Transport ¹⁾	37229	4790
6	Grubbern	3	2000	8	24	D3, S4 1/3, Transport ¹⁾	24416	3140
7	Grubbern	3	2000	8	25	S4 2/3, Transport ¹⁾	15634	2014
8	Grubbern	3	2000	8	29	Sieblerfeld 1/2, Transport ¹⁾	9931	1269
9	Grubbern	3	2000	8	30	Sieblerfeld 1/4, Transport ¹⁾	8776	1118
10	Mulchen	3	2001	5	14	um D1, in D2, Transport	4760	602
11	Mulchen	3	2001	5	15	D9, D18, D20, um D5, Obstgarten, Transport	20198	2571
12	Mulchen	3	2001	5	16	D23, Transport	14371	1825
13	Düngen	15	2001	4	2	Krohberg 7/8, D21, D22, D24, D4, D1 9/10, D2 1/4, Transport	65748	9016
14	Düngen	15	2001	4	3	D5, D7, Transport	5117	702
15	Düngen	15	2001	4	27	D5, D7, D2, D21, D4 1/8, Transport	9143	1266
16	Düngen	15	2001	4	30	D1, D22, D24, Krohberg 7/8, Transport	49567	6872
17	Düngen	15	2001	5	2	D1 1/15, S04 1/20, Transport	4523	623
18	Düngen	15	2001	5	9	D8 1/2, D13, Sieblerfeld 3/4, Transport	15503	2134
19	Düngen	15	2001	5	14	D1 4/5, D2 1/20, Transport	24392	3371
20	Düngen	15	2001	5	15	Transport	407	56
21	Düngen	15	2001	5	17	D2, D21, D4, Transport	9164	1272
22	Düngen	15	2001	5	31	D22, D1 1/2, Transport	12020	1676
23	Düngen	15	2001	6	1	D1 1/2, Transport	15187	2091
24	Düngen	15	2001	6	8	D22 links 5/6, D1 1/15, Transport	4449	607
25	Eksäen	3	2001	4	25	Transport	7812	1027
26	Eksäen/PSM ²⁾	3	2001	4	30	D22, D24, D1, Krohberg 7/8, Transport	59440	7912
27	Eksäen	3	2001	5	2	S4 1/2, D1 außen, Transport	26981	3561
28	Eksäen	3	2001	5	3	S4 1/2, Transport	14323	1889
29	Säen	3	2001	4	3	D3 1/2, Transport ³⁾	5893	830
30	Säen	3	2001	4	4	D3, Transport ³⁾	22894	3209
31	Kreiseleggen	3	2001	4	3	D3 1/2, Transport ³⁾	6411	819
32	Kreiseleggen	3	2001	4	4	D3, Transport ³⁾	22880	2917
33	Transportieren	-	2000	9	28	D1, Transport (Wagen 1 u. 3)	53743	6845
34	Transportieren	-	2000	9	29	Krohberg, Transport (Wagen 3)	48161	6125
35	Pflanzenschutz	15	2001	4	24	S4, Sieblerfeld, D13, D8, Transport	32565	5034
36	Pflanzenschutz	15	2001	4	25	D1 1/2, D5 1/10, Krohberg 7/8, Transport	29606	4563
37	Pflanzenschutz	15	2001	4	26	D24, D22, D1 1/3, D2, D4, D21, Transport	34852	5383
38	Pflanzenschutz	15	2001	4	27	D2, Transport	5457	846
39	Pflanzenschutz	15	2001	5	15	nur Stand am Betrieb	309	48
40	Pflanzenschutz	15	2001	5	16	D1 9/10, Krohberg 7/8, Transport	16037	2470
41	Pflanzenschutz	15	2001	6	12	D22, D5, D7, D24, Transport	8113	1249
42	Pflanzenschutz	15	2001	6	13	D1 9/10, Krohberg 7/8, Transport	15135	2339
43	Pflügen	1.5	2000	10	17	D5, D7 2/3, Transport	34168	4404
44	Pflügen	1.5	2000	10	18	D7 1/3, D24, Transport	29430	3803
45	Pflügen	1.5	2000	10	19	D5 1/20, D22 rechts 1/2	4694	599
46	Pflügen	1.5	2000	10	20	D1 1/6, Transport	14328	1857
47	Pflügen	1.5	2000	10	21	D1 1/2, Transport	33394	4333
48	Pflügen	1.5	2000	10	22	D1 1/3, Transport	25324	3271
49	Pflügen	1.5	2000	10	23	Krohberg, Transport	27667	3579
50	Mähdrusch	4.8	2001	8	16	D1 Versuchsanlage	6032	600
51	Häckseln	6	1999	9	16	S4	18184	1694
Summe							1038428	139029

¹⁾ Koordinatenprobleme und doppelte Aufzeichnung; ²⁾ voraus. Pflanzenschutz (PSM) mit Jobrechner des Einzelkorn-Sägerätes (Eksäen) durchgeführt

³⁾ Verwendung der Kreiselegge und des Sägerätes in Kombination; davon auszugehen, dass am 03.04.2001 nur die Kreiselegge verwendet wurde

Anhang E: Skript für den Datenimport in die gesamtbetriebliche Datenbank und Erstellung eines Views für eine Kostenrechnung

```
#!/usr/bin/perl
use Cwd;
# use AutoLoader 'AUTOLOAD';
use DBI;
use DBD::DB2::Constants;
use DBD::DB2;

# use Getopt;
use Getopt::Long;
# use Getopt::Long::GetOptions();
$Getopt::Long::ignorecase=0; #case sensitive options

BEGIN {
# *****
# static information...
$VERSION = "1.0 07 Apr 1999";
$script = __FILE__;
$script =~ s/^\././;
# *****
$database = "gesabedb";
$table = "dynamisch";
$view = "dynview";
# $sql = "UPDATE TLC SET PINNAME = 'NC'";
$hostname = "XXXX";
$user = "XXXX";
$password = "XXXX";
# *****
}

$HELP = <<_HELP;
-----
Usage: $script [OPTIONS]

 [--source    ] source file
 [--help     ] display this helpscreen and exit
 [--usage    ] display this helpscreen and exit
 [--version  ] print information on the program `'$script'` and exit
 [--debug=N  ] enter debuglevel N (0..3)

Note:
+ Wilcards (*,?,%,_) are allowed, but be sure
  to escape them from your shell!! (ie type \* or \%)
-----
_HELP

# ++++++ START OF THE PROGRAM ++++++ #
# ++++++ START OF THE PROGRAM ++++++ #
# require "Getopt";
# use Getopt::Long;
# $Getopt::Long::ignorecase=0; #case sensitive options
# $Getopt::Long::order=$PERMUTE; #allow handling of non options

# *****
# debugging flag
# can be set to 0,1,2,3
# a higher value gives more info
# ! this can also be set on the command-line
$DEBUG = 0;

# *****
# no caching on STDOUT
$_|=1;
# *****
```

```
# Read in all parameters

# Get options from commandline

$status = Getopt::Long::GetOptions(
    "source=s"
    , "helplusage"
    , "version"
    , "debug=i"
);

if (!$status) {
    print STDOUT $HELP;
    exit 1;
}
# *****
# set DEBUG
if (defined($opt_debug)) {
    $DEBUG = $opt_debug if ($opt_debug >= $DEBUG);
}
# *****
# get help if necc.
if (defined($opt_help)) {
    $opt_help = 1;
    print STDOUT $HELP;
    exit 0;
}
if (defined($opt_version)) {
    $opt_version = 1;
    print STDOUT "$VERSION\n";
    exit 0;
}
#####

#definieren des einzulesenden Files
@gis_file = ( "/home/gis.txt");
@dng_file = ( "/home/dng.txt");

#manuell#####

my $counter = 1;
#my $stagteil = 1;
#my $arbeiter = Ans;
#my $kostenart = 'KAS27';

#####

#alle moeglichen spaeteren Spaltennamen
my $dlnummer; my $jahr; my $monat; my $tag; my $stagteil; my $arbeiter; my $selbsttra; my $mobproz1; my $kostenart; my $menge; my $polygonid;

# Fileinput
foreach $files (@gis_file){
    $filename = $files;
    $filename = ~ s/^\.*\///;
    print "Reading file $files \n";

    open(FILEINPUT, "$files") || die "Can't open $opt_source: $!\n";
    binmode FILEINPUT; #fuer Dosensysteme
    use DBI;

    # Create new database handle. If we can't connect, die()
    $dbh = DBI->connect("DBI:DB2:$database", $user, $password);
    if ( !defined $dbh ) {
        die "Cannot connect to DB2
        server: $DBI::errstr\n";
        exit 2;
    }
}
}
```

```
#####Create table in gesamtdb
$sql = "CREATE TABLE $stable (POLYGONID DECIMAL (16,0) DEFAULT NULL,
MENGE DECIMAL (8,3))";

# Prepare the statement for execution
$sth = $dbh->prepare($sql);
if ( !defined $sth ) {
    die "Cannot prepare statement: $DBI::errstr\n";
    exit 2;
}

# Execute the statement at the database level
$sth->execute;
if ( !defined $sth ) {
    die "Cannot execute statement: $DBI::errstr\n";
    exit 2;
}

linestring : while(defined($line=<FILEINPUT>)){
    chomp($line);
    $line =~ s/^\s+*//;
    $line =~ s/\s+*$/;
    $line =~ s/\s//g;
    $line =~ s/;/;/g;
    print $line, \n;
    ($jahr, $monat, $tag) = (split (/;/, $line))[0,1,2];
    ($tagteil, $arbeiter, $selbsttra) = (split (/;/, $line))[3,4,5];
    ($mobprozl, $kostenart, $menge) = (split (/;/, $line))[6,7,8];
    ($polygonid) = (split (/;/, $line))[9];

    if ($menge > 10) {
        $sql = "INSERT INTO $stable (polygonid, menge)";
        $sql .= "VALUES ($polygonid, $menge)";
        $dbh->do($sql);
    } else {print "Menge $menge unwahrscheinlich\n"}
    print "$sql\n";
}

# Prepare the statement for execution
$sth = $dbh->prepare($sql);
if ( !defined $sth ) {
    die "Cannot prepare statement: $DBI::errstr\n";
    exit 2;
}

# Execute the statement at the database level
$sth->execute;
if ( !defined $sth ) {
    die "Cannot execute statement: $DBI::errstr\n";
    exit 2;
}
}
close(FILEINPUT);
# Release the statement handle resources
$sth->finish;

# Disconnect from the database
$dbh->disconnect;

# Create new database handle. If we can't connect, die()
$dbh = DBI->connect("DBI:DB2:$database", $user, $password);
if ( !defined $dbh ) {
    die "Cannot connect to DB2
server: $DBI::errstr\n";
    exit 2;
}

#dynamischen View aufbauen
$sql = "CREATE view $view as select avg(polygonid) as polyid, avg(menge)
as dmenge from $stable where polygonid > 0 group by polygonid";
```



```
# Prepare the statement for execution
$dbbh->do($sql);
if ( !defined $sth ) {
    die "Cannot prepare statement: $DBI::errstr\n";
    exit 2;
}

# Disconnect from the database
$dbbh->disconnect;

# Create new database handle. If we can't connect, die()
$dbbh = DBI->connect("DBI:DB2:$database", $user, $password);
if ( !defined $dbh ) {
    die "Cannot connect to DB2
    server: $DBI::errstr\n";
    exit 2;
}

#export View
$sql = "select * from $view";

# Prepare the statement for execution
$sth = $dbh->prepare($sql);
if ( !defined $sth ) {
    die "Cannot prepare statement: $DBI::errstr\n";
    exit 2;
}

# Execute the statement at the database level
$sth->execute();
if ( !defined $sth ) {
    die "Cannot execute statement: $DBI::errstr\n";
    exit 2;
}

#Dateiausgabe vorbereiten
open(VIEWOUT, ">/home/out.txt");
my $ptr;
my $printstr;

#Ergebnis abholen
while ( @fields = $sth->fetchrow_array()){
    $printstr = join (";", @fields), "\n"; print VIEWOUT $printstr, "\n";}

close (VIEWOUT);
$dbbh->do("drop view $view");
warn "Error: $DBI::errstr\n" if $DBI::err;
$dbbh->do("drop table $table");
warn "Error: $DBI::errstr\n" if $DBI::err;
    # Release the statement handle resources
    $sth->finish;

# Disconnect from the database
$dbbh->disconnect;

##### Fileinput /home/linseise/out.txt
foreach $files ("/home/linseise/out.txt"){
    $filename = $files;
    $filename = ~ s/^\.*\///;
    print "Reading file $files \n";

#if (defined($opt_source)) {

    open(INPUT, "/home/linseise/GESAMTDB/out.txt") || die "Can't open
    /out.txt: $!\n";
    binmode INPUT; #fuer Dosensysteme
    use DBI;

# Create new database handle. If we can't connect, die()
```

```
$dbh = DBI->connect("DBI:DB2:$database", $user, $password);
if ( !defined $dbh ) {
    die "Cannot connect to DB2
    server: $DBI::errstr\n";
    exit 2;
}
}
linestring : while(defined($line=<INPUT>)){
    chomp($line);
    $line =~ s/^\s*//;
    $line =~ s/\s*$//;
    $line =~ s/\s//g;
    $line =~ s/././g;
#   $line =~ s/././g;
    print $line, \n;

my $polyid;
my $avgmenge;

($polyid, $avgmenge) = (split (/, $line))[0,1];
$sql = "INSERT INTO ARTARBGA (jahr, monat, tag, tagteil,
    arbeiter, nametra, namemopr, kostart,menge, polygonid)";
$sql .= "VALUES ($jahr, $monat, $tag, $tagteil, 'arbeiter',
    'sselbsttra', '$mobproz1','$kostenart', $avgmenge, $polyid)";
$dbh->do($sql);
print "$sql\n";

}
# Prepare the statement for execution
$sth = $dbh->prepare($sql);
if ( !defined $sth ) {
    die "Cannot prepare statement: $DBI::errstr\n";
    exit 2;
}

# Execute the statement at the database level
$sth->execute;
if ( !defined $sth ) {
    die "Cannot execute statement: $DBI::errstr\n";
    exit 2;
}
}
close(INPUT);
# Release the statement handle resources
$sth->finish;

# Disconnect from the database
$dbh->disconnect;

# Create new database handle. If we can't connect, die()
$dbh = DBI->connect("DBI:DB2:$database", $user, $password);
# my $dbh = DBI->connect("DBI:DB2:$database", $user, $password);
if ( !defined $dbh ) {
    die "Cannot connect to DB2
    server: $DBI::errstr\n";
    exit 2;
}

#export View klschnitt
$sql = "select * from klschnitt where POLYGONID > 8811101999999 and PO-
LYGONID < 8811102000000 and tagesteil=$tagteil and tag =$tag and monat =
$monat and jahr = $jahr";

# Prepare the statement for execution
$sth = $dbh->prepare($sql);
if ( !defined $sth ) {
    die "Cannot prepare statement: $DBI::errstr\n";
    exit 2;
}
}
```

```
# Execute the statement at the database level
$sth->execute();
if ( !defined $sth ) {
    die "Cannot execute statement: $DBI::errstr\n";
    exit 2;
}

#Dateiausgabe vorbereiten
open(VOUT, ">/home/dng.txt");
my $ptr;
my $printstr;

#Ergebnis abholen
"TAG,MONAT,JAHR,SELBSTTRA,MOBPROZ1,ARBEITER,PROZESS,TSCHLAG,FLAECHE,ARTIKEL,MENGE\n";
while (@fields = $sth->fetchrow_array()){
    $printstr = join ("",@fields), "\n"; print VOUT $printstr, "\n";}

close (VOUT);
# Release the statement handle resources
$sth->finish;
# Disconnect from the database
$dbh->disconnect;

##### Fileinput /home/dng.txt
# Fileinput
foreach $files (@dng_file){
    $filename = $files;
    $filename = ~ s/^\.*\///;
    print "Reading file $files \n";

    open(INPUTKL, "$files") || die "Can't open $opt_source: $!\n";
    binmode FILEINPUT; #fuer Dosensysteme
    use DBI;
    open(OUTKL, ">/home/linseise/GESAMTDB/ernte1808.txt") || die "Can't open
/dng2.txt: $!\n";
    binmode OUTKL;
    print OUTKL "TAG,MONAT,JAHR,SELBSTTRA,MOBPROZ1,ARBEITER,PROZESS,TSCHLAG,
    FLAECHE,ARTIKEL,MENGE\n";
    my $tschlag; my $line;
    while(<INPUTKL>){
        print $_;
        chomp($_);
        $_ =~ s/^\[s]*\///;
        $_ =~ s/[s]*\$/;
        $_ =~ s/\s//g;
        $_ =~ s/;/,/g;
        $_ =~ s/88111/11/g;
        $_ =~ s/11010000/1101/g;
        print $_;
        @tab = split (/, , $_);
        $tag=$tab[0];
        print $tag, "\n";
        $monat=$tab[1]; $jahr=$tab[2]; $selbsttra=$tab[3];
        $mobproz1=$tab[4]; $arbeiter=$tab[5]; $prozess=$tab[6];
        $tschlag=$tab[7]; $flaeche=$tab[8], $artikel=$tab[9];
        $menge=$tab[10];
        $flaecheha = ($flaeche/10000);
        $mangedtha = ($menge*10);
    my @list1;
    my $prntstr;
        @list1 =($tag,$monat,$jahr,$selbsttra,$mobproz1,$arbeiter,$prozess,
        , $tschlag,$flaeche,$artikel,$menge);
        $prntstr = join ('', $tag,$monat,$jahr,$selbsttra, $mobproz1, $arbeiter,
        $prozess, $tschlag, $flaecheha, $artikel, $mangedtha); print OUTKL $prntstr, "\n"
        ;
    };
    close (OUTKL);
    close (INPUTKL);
};
```

Anhang F: Skript für Datenaufbereitung zu SISCA

```
#!/usr/local/bin/perl

#####
# DBout2fcsv_2.pl DBOutput to formatted csv          #
# letzte Änderung: 05.07.01                          #
#####

#####
#Programm zum Konvertieren von Datenbank-Ausgabe in ein spezielles Format.#
#Format ist in der Datei Schnittstelle.xls definiert. #
#                                                    #
#Benutzung: DBout2fcsv_2.pl $1 $2 [-o]            #
#   $1 ist die Quelldatei, $2 die Zieldatei       #
#   mit -o kann man die Überschreibsicherung ausschalten. #
#   Endungen (.out oder .csv) MÜSSEN angegeben werden. #
#####

use strict;
use POSIX;

# Kommandozeilenorientiertes Einlesen von Quell- und Zieldatei

if (@ARGV<2) { die "Benutzung: \"DBout2fcsv_2.pl QUELDATEI ZIELDATEI [-o]\" !!\n"; }
my $filetoread = shift(@ARGV);
my $filetowrite = shift(@ARGV);
my $override = shift(@ARGV);

# Prüfung, ob ein gültiger Ziel-Dateiname übergeben worden ist; gegebenenfalls
# falls Abfrage des selbigen.

$override = (($override eq "-o") ? 1 : 0);
while (((-e $filetowrite) || $filetowrite eq "") && ($override==0))
{
    $override = 0;

    # Falls kein Dateiname angegeben worden ist im vorigen Durchgang,
    # soll das Programm nicht fragen, ob diese Datei überschrieben werden
    # soll. "" zu überschreiben ist sinnlos.

    if (-e $filetowrite)
    {
        print("Sind Sie sich sicher, dass Sie $filetowrite ueberschreiben wollen? (j/n) ");
        if (lc(substr(<<STDIN>,0,1)) eq "j") { $override=1; next;}
    }
    print("Bitte geben Sie die Zieldatei an: ");
    chomp($filetowrite = <STDIN>);
}

# Variablen, die die eingelesenen Daten aufnehmen

my %data;
my @ArtikelNr;
my @PyArea;
my @ArbeitsMenge;

my @ArtNr1Value; my @ArtNr2Value; my @ArtNr3Value;
my @Matrix = (\@ArtNr1Value, \@ArtNr2Value, \@ArtNr3Value);

# Nur zur Verarbeitung benötigte Variablen:

use vars qw($teil1 $teil2 $teil3);
use vars qw($startPolygonID $temp $i);
use vars qw($tag $monat $jahr $slstfrTraktor $IMI_1);
use vars qw($arbeiterID $prozID $polygonID $pyArea $artikelNr $menge);
```

```
#####
# Öffnen der angegebenen Dateien (RFH=ReadFileHandle, WFH=WriteFileHandle)#
#####

open(RFH, "< $filetoread") or die "cannot open $filetoread: $\n";
open(WFH, "> $filetowrite") or die "cannot open $filetowrite: $\n";

#####
# Lesen der Daten und Schreiben in die dafür vorgesehenen Variablen #
#####

#Initialisierung der Variable $i. Die erste Zeile aus der Datei wird
#verworfen (d.h. sie wird nicht behandelt, da hier statt Daten nur Spalten-
#namen gespeichert sind.)

$i =0;
$stemp=<RFH>;

# Einlesen der Daten

while (defined($stemp=<RFH>))
{
    chomp ($stemp);
    ($tag, $monat, $jahr, $slstfrTraktor, $IMI_1, $ArbeiterID, $ProzID, $PolygonID, $PyArea, $ArtikelNr, $Menge)
= split(/./,$stemp);

    # Nur in der ersten Zeile, die verarbeitet wird, werden die allgemein
    # gültigen Variablen gesetzt.

    if ($. == 2)
    {
        $data{'datum'}           = sprintf("%02d.%02d.%2s",$tag, $monat, $jahr);
        $data{'SlstfrTraktor'}   = $SlstfrTraktor;
        $data{'IMI_1'}           = $IMI_1;
#        $data{'IMI_2'}           = $IMI_2;
#        $data{'IMI_3'}           = $IMI_3;
        $data{'ArbeiterID'}      = $ArbeiterID;
        $data{'ProzID'}          = $ProzID;
        $data{'PolygonKennung'}  = ((floor($PolygonID / 1000))*1000);
        $ArtikelNr[0]            = $ArtikelNr;
        $StartPolygonID          = $PolygonID;
    }

    if ($ArtikelNr == $ArtikelNr[$i])
    {
        $Matrix[$i]->[($PolygonID - $StartPolygonID)] = $Menge;
        $PyArea[($PolygonID - $StartPolygonID)] = $PyArea;
    }
    elsif ($ArtikelNr < 8000000)
    {
        $i++;
        $ArtikelNr[$i] = $ArtikelNr;
        $Matrix[$i]->[($PolygonID - $StartPolygonID)] = $Menge;
        $PyArea[$PolygonID - $StartPolygonID] = $PyArea;
    }
    else
    {
        $ArbeitsMenge[($PolygonID - $StartPolygonID)] = $Menge;
    }
}

#####
# Ausgabe der erfassten Daten #
#####

# Hier wurde nur print verwendet - man kann auch printf verwenden.

# Header:
```


Anhang G: Skript zur Verrechnung von Informationen in Fahrgassenrichtung und für Teilarbeitsbreiten

```
#!/usr/bin/perl
require 5.003;
use strict;

# *****
# static information...
my $VERSION = "0.1 12 Apr 2000";
my $distance = 7.5;
my $script = __FILE__;
$script =~ s/^\././;
# *****
my $fahrgassen_dir = "fahrgassen";
my $src_file = "";
my $filename = "";
my $fg_nr = 0;
my @AB;
my @AB = ();

my @fahrgasen_files;

@fahrgasen_files = ( "CSV/fahspr.csv",
);
my $HELP = <<_HELP;
-----
Usage: $script [OPTIONS]

  [--source    ] source file
  [--help     ] display this helpscreen and exit
  [--usage    ] display this helpscreen and exit
  [--version   ] print information on the program `'$script'` and exit
  [--debug=N  ] enter debuglevel N (0..3)

Note:
  + Wilcards (*,?,%,_) are allowed, but be sure
    to escape them from your shell!! (ie type \* or \%)
-----
_HELP

# ++++++ START OF THE PROGRAM ++++++ #
# *****
use Data::Dumper;
use Getopt::Long;
$Getopt::Long::ignorecase=0; #case sensitive options

# *****
# debugging flag
# can be set to 0,1,2,3
# a higher value gives more info
# ! this can also be set on the command-line
my $DEBUG = 0;

# *****
# no caching on STDOUT
$|=1;
# *****
# Read in all parameters

# Get options from commandline

use vars qw ($opt_source $opt_help $opt_version $opt_debug $status);

$status = Getopt::Long::GetOptions(
    "source=s"
```

```
        ,"helplusage"
        ,"version"
        ,"debug=i"
    );

if (!$status) {
    print STDOUT $HELP;
    exit 1;
}
# *****
# set DEBUG
if (defined($opt_debug)) {
    $DEBUG = $opt_debug if ($opt_debug >= $DEBUG);
}
# *****
# get help if necc.
if (defined($opt_help)) {
    $opt_help = 1;
    print STDOUT $HELP;
    exit 0;
}
if (defined($opt_version)) {
    $opt_version = 1;
    print STDOUT "$VERSION\n";
    exit 0;
}
#####

use POSIX;

my @matptr;
# if (defined($opt_source)) {
my $files;
foreach $files (@fahrgassen_files) {
    $fg_nr = $fg_nr + 14;
# print $fahrgassen_dir;
    $filename = $files;
    $filename =~ s/^\.*\//;
#####
# Start: CSV Format einlesen
#####
    print "Reading File $files\n";
    open(FILEINPUT, "$files") || die "Can't open $files: $!\n";
    binmode FILEINPUT; # Fuer Dosensysteme !

    my $line;
    linestring : while(defined($line=<FILEINPUT>)){
        chomp($line);
        $line =~ s/^\[\\s]*//;
        $line =~ s/[\\s]*$//;
        $line =~ s/[\\s]/g;
        $line =~ s/./g;
        $line =~ s/[;]*$//;

        # Matrix einlesen und dynamisch aufbauen.
        push(@matptr, [ split(/;/,$line) ]);

    }
    close(FILEINPUT);
#####
# Ende : CSV Format einlesen
#####

#####
# Start: Suche Fahrgassenpunkte
#####

# Ergebnis ist in @referenceptr abgelegt !
```



```
my $counter = 1;
my @referenceptr = (0);
my $calc = 0;
my $calc_old = 0; my $x1; my $x2; my $y1; my $y2;

$x1 = $matptr[0]->[1];
$y1 = $matptr[0]->[2];
$x2 = $matptr[1]->[1];
$y2 = $matptr[1]->[2];
$calc = abs(($x1-$x2)**2 + ($y1-$y2)**2 - $distance**2);
push(@{$matptr[1]}, $calc);

while ($counter < $#matptr) {

    $counter = $counter + 1;
    $calc_old = $calc;

    $x2 = $matptr[$counter]->[1];
    $y2 = $matptr[$counter]->[2];

    $calc = abs(($x1-$x2)**2 + ($y1-$y2)**2 - $distance**2);
    if ($calc > $calc_old) {
        push(@referenceptr, $counter-1);
        # push(@{$matptr[$counter-1]}, $calc_old);
        # neuer Referenzpunkt
        $x1 = $matptr[$counter-1]->[1];
        $y1 = $matptr[$counter-1]->[2];
        $calc = abs(($x1-$x2)**2 + ($y1-$y2)**2 - $distance**2);
    }
}

# letzter Punkt der Liste
if ($referenceptr[$#referenceptr] < $#matptr) {
    push(@referenceptr, $#matptr);
}

my $rowptr; my $printstr;

# Start: Ausgabe der Fahrspurabelle

open(FILEOUTPUT, "> $fahrgassen_dir/$filename") || die "Can't open
$fahrgassen_dir/$filename: $!\n";
binmode FILEOUTPUT; # Fuer Dosensysteme !
# Fahrspurabelle
print FILEOUTPUT "NR,NR-SOURCE,X-Wert,Y-Wert\n";
my $matnr;
foreach $rowptr ( 0.. $#referenceptr ) {
    $matnr = $referenceptr[$rowptr];
    print FILEOUTPUT $rowptr, ", ", $matptr[$matnr]->[0], ", ",
    $matptr[$matnr]->[1], ", ", $matptr[$matnr]->[2], "\n";
}
close(FILEOUTPUT);
# Ende : Ausgabe der Fahrspurabelle

#####
# Ende : Suche Fahrgassenpunkte
#####

# # print Dumper(@matptr), "\n";
# print "\n";

my $xr1; my $xr2; my $yr1; my $yr2; my $r1; my $r2; my $c; my $a;
my $Pi = 3.141592654; my $xe1; my $ye1; my $xe2; my $ye2; my $xe3;
my $ye3; my $xe4; my $ye4; my $count = 1; my $ab_nr = 0; my @AB_L;
my @AB_R;
@AB_L = ();
@AB_R = ();
foreach $rowptr ( 0.. $#referenceptr - 1) {
```

```
$ab_nr = $ab_nr + 1;
$sr1 = $referenceptr[$rowptr];
$sr2 = $referenceptr[$rowptr+1];
$xr1 = sprintf("%.2f", $matptr[$sr1]->[1]);
$yr1 = sprintf("%.2f", $matptr[$sr1]->[2]);
$xr2 = sprintf("%.2f", $matptr[$sr2]->[1]);
$yr2 = sprintf("%.2f", $matptr[$sr2]->[2]);

# Abstand
$c = sqrt(($xr1-$xr2)**2 + ($yr1-$yr2)**2);

# Winkelberechnung
if (($xr1 < $xr2) and ($yr1 <= $yr2)) {
    $a = asin(($yr2-$yr1)/$c);
} elseif (($xr1 >= $xr2) and ($yr1 < $yr2)) {
    $a = $Pi/2 + asin(($xr1-$xr2)/$c);
} elseif (($xr1 > $xr2) and ($yr1 >= $yr2)) {
    $a = $Pi + asin(($yr1-$yr2)/$c);
} elseif (($xr1 <= $xr2) and ($yr1 > $yr2)) {
    $a = 3/2*$Pi + asin(($xr2-$xr1)/$c);
}
my $g;
$g = $a/$Pi*180;
# Berechnung der Eckpunkte durch Koordinatentransformation
# Behandlung letzter Punkt fehlt !!

# (c,c)
$xe1 = sprintf "%.2f", $c*cos($a) - $c*sin($a) + $xr1;
$ye1 = sprintf "%.2f", $c*sin($a) + $c*cos($a) + $yr1;

# (0,c)
$xe2 = sprintf "%.2f", -$c*sin($a) + $xr1;
$ye2 = sprintf "%.2f", $c*cos($a) + $yr1;

# (0,-c)
$xe3 = sprintf "%.2f", $c*sin($a) + $xr1;
$ye3 = sprintf "%.2f", -$c*cos($a) + $yr1;

# (c,-c)
$xe4 = sprintf "%.2f", $c*cos($a) + $c*sin($a) + $xr1;
$ye4 = sprintf "%.2f", $c*sin($a) - $c*cos($a) + $yr1;

# Berechnung der der Punkte der Arbeitsbreiten

# rechte Arbeitsbreite (Eckpunkte)
push(@AB_R, [$xr1,$yr1,$ab_nr,$g]);
push(@AB_R, [$xr2,$yr2,$ab_nr,$g]);
push(@AB_R, [$xe3,$ye3,$ab_nr,$g]);
push(@AB_R, [$xe4,$ye4,$ab_nr,$g]);
# linke Arbeitsbreite (Eckpunkte)
push(@AB_L, [$xr1,$yr1,$ab_nr,$g]);
push(@AB_L, [$xr2,$yr2,$ab_nr,$g]);
push(@AB_L, [$xe2,$ye2,$ab_nr,$g]);
push(@AB_L, [$xe1,$ye1,$ab_nr,$g]);

# rechte und linke Arbeitsbreite
# (0, 0) (0, c)
my $x_local;
if ($yr2 > $yr1) {
    my $k;
    for ($k=$yr1+1; $k<=$yr2-1; $k=$k+1) {
        $x_local = ($xr2-$xr1)*($k-$yr1)/($yr2-$yr1) + $xr1;
        $x_local = sprintf("%.2f", $x_local);
        push(@AB_R, [$x_local,$k,$ab_nr,$g]);
        push(@AB_L, [$x_local,$k,$ab_nr,$g]);
    }
} else {
    my $k;
    for ($k=$yr2+1; $k<=$yr1-1; $k=$k+1) {
```

```
    $x_local = ($xr2-$xr1)*($k-$yr1)/($yr2-$yr1) + $xr1;
    $x_local = sprintf("%.2f", $x_local);
    push(@AB_R, [$x_local,$k,$ab_nr,$g]);
    push(@AB_L, [$x_local,$k,$ab_nr,$g]);
  }
}
```

rechte Arbeitsbreite

```
# (0, -c) (-c, -c)
if ($ye4 > $ye3) {
  my $k;
  for ($k=$ye3+1; $k<=$ye4-1; $k=$k+1) {
    $x_local = ($xe4-$xe3)*($k-$ye3)/($ye4-$ye3) + $xe3;
    $x_local = sprintf("%.2f", $x_local);
    push(@AB_R, [$x_local,$k,$ab_nr,$g]);
  }
} else {
  my $k;
  for ($k=$ye4+1; $k<=$ye3-1; $k=$k+1) {
    $x_local = ($xe4-$xe3)*($k-$ye3)/($ye4-$ye3) + $xe3;
    $x_local = sprintf("%.2f", $x_local);
    push(@AB_R, [$x_local,$k,$ab_nr,$g]);
  }
}
```

```
# (0, 0) (0, -c) = (xr1,yr1) (xe3,ye3)
if ($ye3 > $yr1 + 1) {
  my $k;
  for ($k=$yr1+1; $k<=$ye3-1; $k=$k+1) {
    $x_local = ($xe3-$xr1)*($k-$yr1)/($ye3-$yr1) + $xr1;
    $x_local = sprintf("%.2f", $x_local);
    push(@AB_R, [$x_local,$k,$ab_nr,$g]);
  }
} elsif ($ye3 < $yr1 - 1) {
  my $k;
  for $k ($ye3+1 .. $yr1-1) {
    $x_local = ($xe3-$xr1)*($k-$yr1)/($ye3-$yr1) + $xr1;
    $x_local = sprintf("%.2f", $x_local);
    push(@AB_R, [$x_local,$k,$ab_nr,$g]);
  }
}
```

```
# (0, c) (c, -c) = (xr2,yr2) (xe4,ye4)
if ($ye4 > $yr2) {
  my $k;
  for ($k=$yr2+1; $k<=$ye4-1; $k=$k+1) {
    $x_local = ($xe4-$xr2)*($k-$yr2)/($ye4-$yr2) + $xr2;
    $x_local = sprintf("%.2f", $x_local);
    push(@AB_R, [$x_local,$k,$ab_nr,$g]);
  }
} else {
  my $k;
  for ($k=$ye4+1; $k<=$yr2-1; $k=$k+1) {
    $x_local = ($xe4-$xr2)*($k-$yr2)/($ye4-$yr2) + $xr2;
    $x_local = sprintf("%.2f", $x_local);
    push(@AB_R, [$x_local,$k,$ab_nr,$g]);
  }
}
```

linke Arbeitsbreite

```
# (0, c) (c, c) = (xe2,ye2) (xe1,ye1)
if ($ye1 > $ye2) {
  my $k;
  for ($k=$ye2+1; $k<=$ye1-1; $k=$k+1) {
    $x_local = ($xe1-$xe2)*($k-$ye2)/($ye1-$ye2) + $xe2;
    $x_local = sprintf("%.2f", $x_local);
    push(@AB_L, [$x_local,$k,$ab_nr,$g]);
  }
}
```

```
}
} else {
  my $k;
  for ($k=$ye1+1; $k<=$ye2-1; $k=$k+1) {
    $x_local = ($xe1-$xe2)*($k-$ye2)/($ye1-$ye2) + $xe2;
    $x_local = sprintf("%0.2f",$x_local);
    push(@AB_L, [$x_local,$k,$ab_nr,$g]);
  }
}

# (0, 0) (0, -c) = (xr1,yr1) (xe2,ye2)
if ($ye2 > $yr1) {
  my $k;
  for ($k=$yr1+1; $k<=$ye2-1; $k=$k+1) {
    $x_local = ($xe2-$xr1)*($k-$yr1)/($ye2-$yr1) + $xr1;
    $x_local = sprintf("%0.2f",$x_local);
    push(@AB_L, [$x_local,$k,$ab_nr,$g]);
  }
} else {
  my $k;
  for ($k=$ye2+1; $k<=$yr1-1; $k=$k+1) {
    $x_local = ($xe2-$xr1)*($k-$yr1)/($ye2-$yr1) + $xr1;
    $x_local = sprintf("%0.2f",$x_local);
    push(@AB_L, [$x_local,$k,$ab_nr,$g]);
  }
}

# (0, c) (c, -c) = (xr2,yr2) (xe1,ye1)
if ($ye1 > $yr2) {
  my $k;
  for ($k=$yr2+1; $k<=$ye1-1; $k=$k+1) {
    $x_local = ($xe1-$xr2)*($k-$yr2)/($ye1-$yr2) + $xr2;
    $x_local = sprintf("%0.2f",$x_local);
    push(@AB_L, [$x_local,$k,$ab_nr,$g]);
  }
} else {
  my $k;
  for ($k=$ye1+1; $k<=$yr2-1; $k=$k+1) {
    $x_local = ($xe1-$xr2)*($k-$yr2)/($ye1-$yr2) + $xr2;
    $x_local = sprintf("%0.2f",$x_local);
    push(@AB_L, [$x_local,$k,$ab_nr,$g]);
  }
}

open(ABLOUTPUT, "> ABL.csv") || die "Can't open ABL.csv: $!\n";
my $ptr;
my $printstr;
print ABLOUTPUT "XMIN,XMAX,Y,AB,FG-NR,AB-NR,WINKEL\n";
foreach $ptr (@AB_L) {
  $printstr = join(',', @{$ptr});
  print ABLOUTPUT $printstr, "\n"; }
close(ABLOUTPUT);
open(ABROUTPUT, "> ABR.csv") || die "Can't open ABR.csv: $!\n";
my $ptr;
my $printstr;
print ABROUTPUT "XMIN,XMAX,Y,AB,FG-NR,AB-NR,WINKEL\n";
foreach $ptr (@AB_R) {
  $printstr = join(',', @{$ptr});
  print ABROUTPUT $printstr, "\n"; }
close(ABROUTPUT);

# Sortieren der Arbeitsbreiten nach Y
my $i;
my $yhash;
foreach $i (@AB_R) {
  my $x;
  my $y;
  my $abnr;
  $x = sprintf("%0.2f", $i->[0]);
```

```
$y = sprintf("%.0f", $i->[1]);
$ab_nr = $i->[2];
if (! defined($yhash->{$y})) {
    push(@{$yhash->{$y}}, $x);    # xmin
    push(@{$yhash->{$y}}, $x);    # xmax
    push(@{$yhash->{$y}}, $y);    # y
    push(@{$yhash->{$y}}, 'R');    # AB
    push(@{$yhash->{$y}}, $fg_nr); # FG-NR
    push(@{$yhash->{$y}}, $ab_nr); # AB-NR
    push(@{$yhash->{$y}}, $g);    #Winkel unter dem errechnet
} else { if ($x < $yhash->{$y}[0]) {
    $yhash->{$y}[0] = $x;
} elsif ($x > $yhash->{$y}[1]) {
    $yhash->{$y}[1] = $x;
}
}
}
my $keys;
foreach $keys (keys %{$yhash}) {
    push(@AB, [@{$yhash->{$keys}}]);
}
@AB_R = ();

$yhash = ();

foreach $i (@AB_L) {
    my $x;
    my $y;
    my $abnr;
    $x = sprintf("%.2f", $i->[0]);
    $y = sprintf("%.0f", $i->[1]);
    $ab_nr = $i->[2];
    if (! defined($yhash->{$y})) {
        push(@{$yhash->{$y}}, $x);    # xmin
        push(@{$yhash->{$y}}, $x);    # xmax
        push(@{$yhash->{$y}}, $y);    # y
        push(@{$yhash->{$y}}, 'L');    # AB
        push(@{$yhash->{$y}}, $fg_nr); # FG-NR
        push(@{$yhash->{$y}}, $ab_nr); # AB-NR
        push(@{$yhash->{$y}}, $g);    #Winkel, unter dem errechnet
    } else { if ($x < $yhash->{$y}[0]) {
        $yhash->{$y}[0] = $x;
    } elsif ($x > $yhash->{$y}[1]) {
        $yhash->{$y}[1] = $x;
    }
    }
}
my $keys;
foreach $keys (keys %{$yhash}) {
    push(@AB, [@{$yhash->{$keys}}]);
}
@AB_L = ();
$yhash = ();
}

#####
# Ende : Ausgabe der Ergebnisse
#####
}

# Schreibe sortierte Arbeitsbreiten in die Datei AB.csv
open(ABOUTPUT, "> AB.csv") || die "Can't open AB.csv: $!\n";
my $ptr;
my $printstr;
print ABOUTPUT "XMIN,XMAX,Y,AB,FG-NR,AB-NR,WINKEL\n";
foreach $ptr (@AB) {
    $printstr = join(',', @$ptr);
    print ABOUTPUT $printstr, "\n";
}
close(ABOUTPUT);
```

```
my $resulthash;
if (defined($opt_source)) {

#####
# Start: CSV Format einlesen
#####
open(FILEINPUT, "$opt_source") || die "Can't open $opt_source: $!\n";
print "\nREADING $opt_source\n\n";
binmode FILEINPUT; # Fuer Dosensysteme !

my $line;
my $element = 0 * 1;
linestring : while(defined($line=<FILEINPUT>)){
  chomp($line);
  $line =~ s/^\s*//;
  $line =~ s/\s*$//;
  $line =~ s/\s//g;
  $line =~ s/[:]*$//;

  my $nr; my $x; my $y; my $val;
  ($nr, $x, $y, $val) = split(/,,$line);
  push(@{$resulthash->{$y}[0]}, $nr);      # index
  push(@{$resulthash->{$y}[1]}, sprintf("%.2f", $x));      # x-val
  push(@{$resulthash->{$y}[2]}, sprintf("%.2f", $val));      # value
  push(@{$resulthash->{$y}[3]}, $element);      # pos
  push(@{$resulthash->{$y}[4]}, -1);      # result
  push(@{$resulthash->{$y}[5]}, -1);      # FG-NR
  push(@{$resulthash->{$y}[6]}, -1);      # AB
  push(@{$resulthash->{$y}[7]}, -1);      # AB-NR
  push(@{$resulthash->{$y}[8]}, -1);      # Winkel
  $element = $element + 1;
}
close(FILEINPUT);

sub insert_values {
  my $arg = shift;
  my @AB = @{$arg};
  my $key;
  foreach $key (@AB) {
    my $divider = 0;
    my $sum = 0.0;
    my @elementnr = ();
    my $i;
    my $test = $key->[1];
    if (defined($resulthash->{$key->[2]})) {
      foreach $i (0 .. $#{@{$resulthash->{$key->[2]}[1]}}) {
        if (sprintf("%.2f", $resulthash->{$key->[2]}[1][$i]) >=
          $key->[0] && sprintf("%.2f", $resulthash->{$key->[2]}[1][$i])
          <= $key->[1]) {
          push(@elementnr, $i);
          if (sprintf("%.2f", $resulthash->{$key->[2]}[1][$i]) > 0.0)
          {
            $sum = $sum + sprintf("%.2f", $resulthash->{
              $key->[2]}[2][$i]);
            $divider = $divider + 1;
          }
        }
      }
    }
  }
  my $result;
  if ($divider >= 1.0) {
    my $result = sprintf("%.0.2f", $sum/$divider);
    my $nr;
    foreach $nr (@elementnr) {
      $resulthash->{$key->[2]}[4][$nr] = $result;
      $resulthash->{$key->[2]}[5][$nr] = $key->[3];
      $resulthash->{$key->[2]}[6][$nr] = $key->[4];
      $resulthash->{$key->[2]}[7][$nr] = $key->[5];
      $resulthash->{$key->[2]}[8][$nr] = $key->[6];
    }
  }
}
```

```
    }
  } else {
    print " --> No X-Values between $key->[0] and $key->[1] for
    Y-Value $key->[2] found !\n";
  }
} else {print " --> Y-Value : $key->[2] not found!\n";
}
}
}
insert_values (\@AB);
# Umsortieren Hash auf Ausgabearray
my @resultarray;

my $keys;
foreach $keys (keys %{$resulthash}) {
  my $i;
  foreach $i (0 .. $#{@{$resulthash->{$keys}[0]}}) {
    push (@{$resultarray[$resulthash->{$keys}[3][$i]],
    $resulthash->{$keys}[0][$i]);
    push (@{$resultarray[$resulthash->{$keys}[3][$i]],
    $resulthash->{$keys}[1][$i]);
    push (@{$resultarray[$resulthash->{$keys}[3][$i]], $keys);
    push (@{$resultarray[$resulthash->{$keys}[3][$i]],
    $resulthash->{$keys}[2][$i]);
    push (@{$resultarray[$resulthash->{$keys}[3][$i]],
    $resulthash->{$keys}[4][$i]);
    push (@{$resultarray[$resulthash->{$keys}[3][$i]],
    $resulthash->{$keys}[5][$i]);
    push (@{$resultarray[$resulthash->{$keys}[3][$i]],
    $resulthash->{$keys}[6][$i]);
    push (@{$resultarray[$resulthash->{$keys}[3][$i]],
    $resulthash->{$keys}[7][$i]);
    push (@{$resultarray[$resulthash->{$keys}[3][$i]],
    $resulthash->{$keys}[8][$i]);
  }
}
# Ausgabe Gesamtergebnis
open(RESOUTPUT, "> result.csv") || die "Can't open result.csv: $!\n";
print "\nStart writing result.csv\n";
my $rowptr;
my $printstr;
print RESOUTPUT "ID,X,Y,N-Soll,RESULT,FG-NR,AB,AB-NR,WINKEL\n";
foreach $rowptr ( @resultarray ) {
  $printstr = join(',', @{$rowptr});
  print RESOUTPUT $printstr, "\n";
}
close(RESOUTPUT);
print "\nEnd writing result.csv\n";

} else {
  print STDOUT $HELP;
  exit 1;
}
```

Anhang H: Daten der Versuchsplanung und –auswertung auf dem Schlag D22 in der Produktionsperiode 2000/2001

Tab. 14: Zusammenstellung der Informationen aus der gesamtbetrieblichen Datenbank zum Zwecke der Versuchsplanung und -auswertung. Streifen 5 Abschnitt b wurde manuell auf 75 dt/ha Ertragserwartung korrigiert

Polygonid	Strei- fen	Ab- schnitt	Variante	nfk mm	Ertrag 1998 dt/ha	Ertrag 1999 dt/ha	Ertrag 2000 dt/ha	Ertragserwartung 2001 dt/ha	REIP mm	Düngergabe EC49	Dünger insg. kg N/ha	Ertrag 2001 dt/ha	N-Effizienz kg N/dt Ert.
11112200000001	1	e	teifflspez	142.0	38.3	69.7	210.9	67.86	725.8	60	160	94.5	1.69
11112200000002	2	e	teifflspez	145.6	39.4	68.4	168.1	62.87	725.2	60	160	91.9	1.74
11112200000003	3	e	teifflspez	148.0	33.3	56.6	168.7	57.82	725.7	40	135	85.4	1.58
11112200000004	4	e	einheitl	150.0	37.1	61.8	183.6	60.75		60	160	88.0	1.82
11112200000005	5	e	einheitl	147.0	30.3	57.9	178.3	56.64		60	160	91.1	1.76
11112200000006	6	e	einheitl	148.1	45.8	56.8	181.6	61.49		60	160	89.9	1.78
11112200000007	1	d	teifflspez	129.1	25.6	68.7	155.7	59.41	724.2	60	155	78.4	1.98
11112200000008	2	d	einheitl	133.5	34.4	63.1	149.6	59.54		60	160	82.3	1.94
11112200000009	3	d	teifflspez	142.7	41.4	57.7	165.2	59.71	724.5	70	165	79.2	2.08
11112200000010	4	d	teifflspez	149.7	36.0	63.1	190.8	61.91	725.8	50	150	88.9	1.69
11112200000011	5	d	teifflspez	153.0	60.5	65.5	187.7	81.31	727.1	70	180	92.6	1.94
11112200000012	6	d	einheitl	155.1	50.3	61.8	183.1	67.53		60	160	89.4	1.79
11112200000013	1	c	einheitl	128.2	32.2	69.3	188.3	59.92		60	160	89.0	1.80
11112200000014	2	c	teifflspez	128.6	44.1	63.7	168.9	59.31	725.1	50	140	83.6	1.67
11112200000015	3	c	teifflspez	139.6	40.2	63.7	178.5	61.33	724.7	50	140	84.6	1.65
11112200000016	4	c	einheitl	146.4	51.6	67.4	189.5	69.31		60	160	93.2	1.72
11112200000017	5	c	einheitl	148.5	55.9	60.7	203.7	75.13		60	160	93.4	1.71
11112200000018	6	c	teifflspez	147.5	49.0	60.5	177.3	65.87	725.1	80	180	94.9	1.90
11112200000019	1	b	einheitl	128.6	43.5	77.5	204.1	66.97		60	160	86.4	1.85
11112200000020	2	b	teifflspez	133.5	33.3	70.9	182.6	66.27	725.4	60	155	89.2	1.74
11112200000021	3	b	teifflspez	140.6	52.6	66.4	178.3	70.62	726.1	50	155	86.6	1.79
11112200000022	4	b	teifflspez	143.8	59.6	68.8	172.5	80.15	726.4	80	190	95.3	1.99
11112200000023	5	b	teifflspez	145.5	42.1	62.8	181.5	58.11	726.3	80	190	93.5	2.03
11112200000024	6	b	einheitl	145.0	43.3	58.1	192.1	58.46		60	160	88.7	1.80
11112200000025	1	a	einheitl	133.5	27.2	74.5	171.3	65.87		60	160	89.9	1.78
11112200000026	2	a	einheitl	133.6	39.2	76.4	185.2	72.12		60	160	87.4	1.83
11112200000027	3	a	einheitl	141.2	39.6	70.3	177.2	67.71	726.4	50	150	94.5	1.59
11112200000028	4	a	teifflspez	148.7	40.2	73.9	153.4	63.86		50	150	96.9	1.55
11112200000029	5	a	einheitl	151.3	57.6	69.2	183.3	77.41		60	160	96.2	1.66
11112200000030	6	a	einheitl	155.7	49.7	62.0	180.4	66.76		60	160	96.4	1.66