

TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik

Methodische Untersuchungen zur Integration automatisch erfasster Prozessdaten von mobilen Arbeitsmaschinen in ein Informationsmanagementsystem
„Precision Farming“

Georg J. Steinberger

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

Doktors der Agrarwissenschaften

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr. J. Meyer

Prüfer der Dissertation

1. Univ.-Prof. Dr. H. Auernhammer (i.R.)
2. Univ.-Prof. Dr. Dr. h.c. A. Heißenhuber
3. Univ.-Prof. Dr. P. Wagner (Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg)

Die Dissertation wurde am 14.02.2012 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die Fakultät Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt am 31.07.2012 angenommen.

Alle Rechte vorbehalten. Die Verwendung von Texten und Bildern, auch auszugsweise, ist ohne Zustimmung des Autors urheberrechtswidrig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigung, Übersetzung, Mikroverfilmung sowie die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

© 2012

Im Selbstverlag: Georg Steinberger

Bezugsquelle: Technische Universität München
Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik
Am Staudengarten 2
85354 Freising

VORWORT

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Zeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet Technik im Pflanzenbau der Technischen Universität München in Freising-Weihenstephan. Sie basiert auf den Erkenntnissen, die ich in den Jahren 2005 bis 2007 durch die Bearbeitung eines Teilprojektes im Verbundprojekt preagro II gewinnen konnte.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Hermann Auernhammer für das entgegengebrachte Vertrauen und die Überlassung des Themas. Seine anspornenden Worte schon während der Studienzeit waren es, die die Weichen für die späteren Arbeiten gestellt haben. Insbesondere möchte ich mich für die herausragende und motivierende (Arbeits-) Atmosphäre, die Freiheiten und Erfahrungen während meiner Tätigkeit und die wertvollen Hinweise bei der schriftlichen Abfassung der Arbeit bedanken.

Herrn Dr. Matthias Rothmund danke ich für seine Vorarbeiten in preagro I und sein Engagement in der Weiterentwicklung des Themas, die inhaltlich und organisatorisch den Grundstein für diese Arbeit gelegt haben. Die vertrauensvolle und fruchtbare Zusammenarbeit mit ihm hat bereits zu Studienzeiten begonnen und hat wesentlich zum Gelingen der Arbeit beigetragen.

Mit den Kollegen vom Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik wurde mir in außergewöhnlicher und freundschaftlicher Zusammenarbeit eine erfolgreiche aber auch sehr schöne Zeit geschenkt. Die Zeit mit ihnen als Kollegen und Freunde empfinde ich als Privileg. Dafür danke ich ihnen und bleibe ihnen freundschaftlich verbunden.

Dank gilt auch den Kollegen, den Mitarbeitern und der Leitung in preagro für die organisatorische und fachliche Unterstützung. Dem BmBF sei Dank für die Förderung des Projektes.

Abschließend gehört meiner Familie ganz besonderer Dank. Meinen Eltern, die mich zu Studium und Promotion ermuntert, mir stets die notwendigen Freiräume gewährt und mich nach Kräften unterstützt haben. Insbesondere meinem Vater, der mir durch sein unentwegtes Engagement im Betrieb den Rücken für meine Aktivitäten und die Verfassung der Arbeit freigehalten hat.

„Mache die Dinge so einfach wie möglich – aber nicht einfacher.“

Albert Einstein

INHALTSVERZEICHNIS

	ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	IX
	TABELLENVERZEICHNIS.....	XIII
	ABKÜRZUNGEN.....	XV
1	EINLEITUNG.....	1
1.1	Problem	3
1.2	Ziel.....	5
2	STAND DER INFORMATIONS- UND KOMMUNIKATIONSTECHNIK (ICT).....	7
2.1	Stand der Informations- und Kommunikationstechnik (ICT) im Pflanzenbau.....	7
2.1.1	Elektronik im Pflanzenbau.....	7
2.1.2	Computereinsatz in der Landwirtschaft	8
2.1.3	Standardsoftware im Pflanzenbau.....	10
2.1.4	Precision Farming.....	12
2.1.4.1	Inhalte und Technologien.....	14
2.1.4.1.1	Automatische Datenerfassung.....	16
2.1.4.1.2	Teilflächenbewirtschaftung.....	17
2.1.4.1.3	Flottenmanagement.....	18
2.1.4.1.4	Feldrobotik.....	19
2.1.4.1.5	Dokumentation und Rückverfolgbarkeit.....	19
2.1.4.1.6	Weitere Anwendungsbereiche.....	20
2.1.4.2	Hemmnisse.....	21
2.1.4.3	"Information" im Precision Farming.....	23
2.1.4.3.1	Quellen von Information.....	25
2.1.4.3.2	Informationsnutzung.....	26
2.1.4.3.3	Informationsflüsse.....	27
2.1.4.3.4	Informationsübertragung.....	30
2.2	Stand und Entwicklungstendenzen der Informations- und Kommunikations- technologie (ICT) in anderen Wirtschaftsbereichen.....	32
2.2.1	Unternehmenssoftware.....	32
2.2.2	Service Orientierte Architektur (SOA).....	34
2.2.3	Management Information Systems (MIS).....	37
2.2.4	Web-Technologien und Portale.....	40
2.2.5	Geodateninfrastruktur (GDI): Vorbild für Landwirtschaft?.....	41
2.3	Unterschiede industrieller und landwirtschaftlicher Produktion.....	45
3	METHODEN.....	47
3.1	Methoden für das Informationsmanagement im Pflanzenbau.....	47

3.1.1	Anforderungen.....	47
3.1.2	Lösungsansätze.....	49
3.1.2.1	Lokales FMIS: erweiterte Schlagkartei.....	49
3.1.2.2	Webbasierte Schlagkartei (Internetportal).....	49
3.1.2.3	FMIS in einer Service Orientierten Architektur (SOA).....	50
3.1.2.4	Vergleich der Lösungsansätze.....	50
3.1.3	Aufbau.....	53
3.1.4	Komponenten.....	54
3.2	Methoden für einen Prozessdatenservice.....	56
3.2.1	Prozessdaten im Kontext Landwirtschaft.....	56
3.2.2	Bedeutung von Prozessdaten.....	57
3.2.3	Prozessdaten in der landwirtschaftlichen Praxis.....	58
3.2.4	Entwicklung und aktueller Stand der Prozessdatenerfassung und -verarbeitung in der Forschung.....	61
3.2.5	Konzeptionelles Modell des Prozessdatenservice.....	66
3.2.5.1	Modell.....	67
3.2.5.2	Komponenten.....	68
3.2.5.2.1	Datenerfassung.....	68
3.2.5.2.2	Verarbeitung.....	68
3.2.5.2.3	Datenbereitstellung.....	71
3.2.5.2.4	Nutzung der Daten.....	71
4	REALISIERUNG EINES PROZESSDATENSERVICE.....	73
4.1	Datenerfassung.....	73
4.1.1	Technikauswahl.....	73
4.1.2	Implementierung.....	73
4.2	Datenübertragung von der Maschine zur Verarbeitung.....	75
4.3	Prozessdatenservice (Kernanwendung).....	76
4.3.1	Überblick: Aufbau – Komponenten – Datenfluss.....	76
4.3.2	Grundfunktionen.....	77
4.3.3	Importschnittstelle.....	78
4.3.3.1	Datenformat.....	78
4.3.3.2	Importmechanismus.....	81
4.3.4	Datenbank.....	84
4.3.4.1	Technik / Software.....	85
4.3.4.2	Aufbau.....	86
4.3.4.3	Funktionsweise.....	89
4.3.5	Datenverarbeitung und -analyse.....	92
4.3.5.1	Schlagzuordnung.....	93
4.3.5.2	Generieren von Ereignissen und Prozessen.....	94
4.3.5.3	Maßnahmenbildung.....	97

4.3.5.4	Berechnung von Kennzahlen.....	100
4.4	Bereitstellung der Daten.....	100
4.4.1	Webseite – manueller Zugriff durch den Menschen.....	101
4.4.1.1	Datenportal.....	101
4.4.1.2	WebGIS.....	105
4.4.1.3	GoogleEarth.....	109
4.4.1.4	agroXML-Schnittstelle.....	111
4.4.2	Webservice – automatisierter Zugriff durch ICT-Komponenten.....	114
4.4.2.1	Anwendungsfall FMIS.....	117
4.4.2.2	Anwendungsfall „Abstandsmanager“.....	118
4.4.2.3	Anwendungsfall Rückverfolgbarkeit.....	119
4.5	Datengrundlage und Tests.....	122
5	DISKUSSION UND EINORDNUNG.....	125
5.1	Prozessdatenservice.....	125
5.1.1	Datenerfassung.....	125
5.1.1.1	ISOBUS Datenerfassung.....	125
5.1.1.2	ISOBUS Task Controller.....	126
5.1.1.3	ISOBUS Datenformat.....	130
5.1.1.4	Schließen von Datenlücken.....	130
5.1.1.5	Erfassungsmethoden.....	132
5.1.2	Datenbank und Datenhaltung.....	137
5.1.2.1	Aufbau.....	137
5.1.2.2	Speicherbedarf.....	139
5.1.3	Datenverarbeitung.....	141
5.1.3.1	Datenverarbeitung mit Methoden der Datenbank.....	141
5.1.3.2	Erkennung von Arbeitszyklen aus Prozesswerten.....	142
5.1.3.3	Zeitgliederung.....	143
5.1.3.4	Weiterentwicklung der automatischen Datenverarbeitung.....	147
5.1.4	Portal.....	148
5.1.5	Schnittstellen.....	150
5.1.6	Fazit.....	153
5.2	Informationsmanagementkonzept.....	154
5.2.1	Aufbau als Service-Infrastruktur.....	155
5.2.2	Integration.....	157
5.2.3	Datenhaltung.....	158
5.2.4	Architektur, Schnittstellen und Datenformate.....	160
5.2.5	Organisatorisches zur Standardisierung.....	164
5.2.6	Farm Management Information System (FMIS).....	165
5.2.7	Erweiterung des Konzepts auf die Ebene des Gesamtbetriebes.....	170
5.2.8	Weiterentwicklung des Konzepts.....	172

5.2.9	Fazit.....	172
6	ZUSAMMENFASSUNG.....	175
7	SUMMARY.....	179
	LITERATURVERZEICHNIS.....	183

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

1	Beispiele für Daten und Vorgänge bei Maßnahmen im Precision Farming.....	4
2	Akzeptanzprobleme bei der Nutzung landwirtschaftlicher Anwendungen nach Einschätzungen von Landwirten und Wissenschaftlern; Mehrfachnennungen möglich (nach [RW03]).....	9
3	Hardware des Automatischen Schlagbezogenen Düngesystems (ADS) (Quelle: Amazone) links und Datenerfassungsgerät AutoDok von Landdata Eurosoft (Quelle: Landdata Eurosoft) rechts.....	12
4	Einordnung der Begriffe Precision Agriculture und Precision Farming [Aue02c].....	13
5	Anwendungen im Precision Farming [Aue02c].....	14
6	Systeme der Teilflächenbewirtschaftung [Aue02c].....	17
7	Informationskreislauf in der Teilflächentechnik [Aue00a].....	27
8	Informationsfluss am Beispiel der Rückverfolgbarkeit (nach [Aue02c]).....	28
9	Aufbau eines Data Warehouse [Krc07].....	39
10	Aufbau einer GDI [Don04].....	43
11	Vergleich der Lösungsansätze.....	51
12	Infrastruktur aus Sicht des Landwirts.....	53
13	Infrastruktur aus externer Sicht.....	54
14	Infrastruktur aus technischer Sicht.....	55
15	Daten aus FieldDoc in JDOOffice [Fri06].....	59
16	Daten von MoDaSys in eLMID Acker [Fri06].....	60
17	Systemkonfiguration für die Automatische Prozessdatenerfassung mit LBS[ADS00].	62
18	Bildung von Kenngrößen aus automatisch erfassten Prozessdaten [DRSA01].....	63
19	Ergebnis einer Auswertung automatisch erfasster Prozessdaten [RDA02].....	64
20	Datenfluss und Komponenten eines webbasierten Informationsmanagement- systems für Prozessdaten [RA04b].....	65
21	Aufbau und Datenfluss des Prozessdatenservice.....	67
22	Prototyp eines ISOBUS-Task Controllers mit CPU und Bedienmaske auf einem Virtual Terminal.....	74
23	Visualisierung von aufgezeichneten Daten des Task Controllers.....	74
24	Aufbau der Kernanwendung Prozessdatenservice.....	76
25	Ausschnitt eines Auftrags (Task) in ISOXML (XML nach ISO 11783-10).....	79
26	Zusammenhang der wichtigsten Elemente aus ISOXML.....	81
27	Importmechanismus mit den beteiligten Komponenten.....	83
28	Datenbank und Komponenten zur Anbindung.....	86

29	Funktionsbereiche der Datenbank und Zusammenspiel der Bausteine.....	88
30	Möglichkeiten der Implementation von Analysekomponenten.....	90
31	Bereiche und Funktionen der Datenbank.....	92
32	Schlagerkennung mit PostGIS und mit den Mitteln der Datenbank umgesetzt in PL/pgSQL.....	93
33	SQL-Anweisung für einen Self-Join zum Generieren von Ereignissen.....	95
34	Bedingungen und Eigenschaften eines Ereignisses.....	95
35	Zusammenhang von Zeitpunkt, Ereignis, Prozess.....	96
36	Funktion zur Zuordnung von Daten bei GPS-Ausfall (PL/pgSQL).....	97
37	Auszug von Maßnahmen und Darstellung in einem GIS (Farbe der Punkte nach Zuordnung zu einer Maßnahme).....	99
38	Möglicher Aufbau und Komponenten einer dynamischen Webseite.....	101
39	Aufbau des Portals mit den Komponenten von Zope und Plone.....	103
40	Übersicht über die Maßnahmen des Schlages D01 aus dem Projekt IKB auf der Webseite.....	104
41	Detaillierte Ansicht der Maßnahme einer Bodenbearbeitung mit Volldrehpflug aus Abbildung 40, Zeile 1 durch Aufruf des Buttons Info (Abb. 40 Ziffer 1).....	105
42	Darstellung von Maßnahmen und Schlägen im WebGIS.....	107
43	Möglichkeiten zur Anbindung des WebGIS an den Prozessdatenservice.....	108
44	Darstellung von Maßnahmen und Schlägen in Google Earth.....	111
45	Download einer agroXML-Datei aus dem Portal.....	112
46	Komponenten und Vorgänge für den Download einer agroXML-Datei.....	113
47	Mapping von Inhalten aus der internen Struktur der apdsObjects in die Struktur von agroXML.....	114
48	Schemadefinition (XSD) des Elements „WorkProcess“.....	115
49	Anfrage zum Abruf von Daten an der Webserviceschnittstelle (hier: alle Bodenbearbeitungsmaßnahmen auf dem Schlag mit der ID 16 im Jahr 2004).....	116
50	Darstellung von zwei Maßnahmen („WorkProcess“) bei der Auslieferung durch den Webservice.....	116
51	Screenshot des FMIS agroNetNG mit Daten des Prozessdatenservice [Oet08].....	118
52	Webanwendung "Abstandsmanager" realisiert durch Kombination verschiedener Webservices [DSS08].....	119
53	Eigenschaften einer Charge.....	120
54	Aufbau der Rückverfolgbarkeitsanwendung.....	121
55	Darstellung einer einzelnen Charge auf der Webseite der Rückverfolgbarkeitsanwendung.....	121

56	Aufbau des Pfades einer einzelnen, oben angezeigten Charge (links "Vorgänger", rechts "Nachfolger") zusammengesetzt durch hierarchische Darstellung der Information einer einzelnen Charge (wie in Abb. 55).....	122
57	Standardisierung der Datenübertragung zwischen Task Controller und FMIS [ISO11783-10].....	127
58	Möglichkeiten der Darstellung eines Task Controllers.....	129
59	Barcode, DataMatrix, RFID-Tag.....	132
60	Datenerfassung bei 1/30 Hz und zufällige Bildung von "Mustern".....	133
61	Unterschiedliche Verteilung der Daten bei verschiedenen Erfassungsstrategien.....	135
62	Aufbau der Datenbank des Prozessdatenservice in Anlehnung an das Data Warehouse-Design aus [Krc05].....	137
63	Speicherbedarf von analysierten Prozessdaten in Abhängigkeit von der Anzahl der Datensätze pro ha und der Anzahl der Prozessgrößen pro Datensatz.....	139
64	Prognostizierter, jährlicher Speicherbedarf einer Datenbank für unterschiedliche Betriebsgrößen bei unterschiedlicher Datendichte.....	140
65	Zeitschema nach KTBL und entsprechende Bezeichnungen nach TGL22289	145
66	Auszug aus dem Zeitschema aus TGL22289 nach Sonnen (2006) [Son06].....	146
67	Zusammenspiel der Komponenten bei Anbindung des Portals über eine standardisierte Schnittstelle und Nutzung der Webseite für die Administration des Prozessdatenservice.....	150
68	Möglichkeiten der Transformation („Mapping“) und Serialisierung von Datenstrukturen aus der Anwendung in das Datenmodell von agroXML.....	152
69	Nutzung von XSLT zur Transformation von Anfragen und Antworten eines Web Feature Service [Nas06].....	153
70	Infrastrukturen zum Datenaustausch mit und ohne Kommunikationsbus (ESB).....	162
71	Komponenten eines FMIS und Einbindung in eine Service-Infrastruktur (vgl. [WVVB10]).....	167
72	Aufbau eines Netzwerks nach ISO 17532 [AS06].....	171

TABELLENVERZEICHNIS

1	Kategorien von Dokumentationssystemen.....	20
2	Charakteristika operativer und dispositiver Daten nach Kemper et al. (2006) [KMU06].....	38
3	Eignung der Lösungsansätze in Abhängigkeit von Einsatzzweck und Nutzerprofil [Don04].....	45
4	Vergleich und Bewertung der Lösungsansätze.....	52
5	Beispiele für mögliche Anwendungsbereiche von Prozessdaten.....	58
6	Charakteristika von Zugriffen auf die Datenbank bei unterschiedlichen Funktions- bereichen.....	86
7	Kennzahlen der Testdatensätze und Speicherbedarf in der Datenbank.....	123

ABKÜRZUNGEN

AgSOA	Service Orientierte Architektur für den Agrarbereich
AJAX	Asynchronous JavaScript and XML
ASP	Application Service Providing
BmBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BPEL	Business Process Execution Language
BPM	Business Process Management
CMS	Content Management System
CORBA	Common Object Request Broker Architecture
DCOM	Distributed Component Object Model
DGM	Digitales Geländemodell
DOM	Document Object Model
DWH	Data Warehouse
EAI	Enterprise Application Integration
EHR	Elektronische Hubwerksregelung
ERP	Enterprise Resource Planning
ESB	Enterprise Service Bus
ETL	Extraktion, Transformation, Laden (im Kontext des Data Warehousing)
FMIS	Farm Management Informationssystem
GDI	Geodateninfrastruktur
GIS	Geographisches Informationssystem
GLONASS	Globalnaja Nawigazionnaja Sputnikowaja Sistema – russisches Satellitennavigationsystem
GML	Geography Markup Language
GPS	Global Positioning System
GUI	Graphical User Interface
ICT	Information and Communication Technology
IKB	Informationssystem Kleinräumige Bestandesführung Dürnast – Forschungsprojekt (IKB-Dürnast)
IMI	Implement Indicator, Patent DE19804740C2
ISOBUS	System aus ISO 11783
KDD	Knowledge discovery in Data Bases
KPI	Key Performance Indicators
LBS	Landwirtschaftliches BUS-System
MICS	Mobile Implement Control System
MySQL	Open Source Datenbankserver
OLAP	Online Analytical Processing
OLTP	Online Transactional Processing
PDA	Personal Digital Assitant
PF	Precision Farming

preagro	Forschungsverbundprojekt (Phase I: 1999 - 2002, Phase II: 2005 - 2007)
QBE	Query by Example
SAX	Simple API for XML
SDM	Spatial Data Mining
SOA	Service Orientierte Architektur
SOAP	Simple Object Access Protocol
SOAP	Simple Object Access Protocol
UDDI	Universal Description, Discovery and Integration
URL	Unified Resource Locator
W3C	World Wide Web Consortium
WFS	Web Feature Service
WMS	Web Map Service
WPS	Web Processing Service
WSDL	Web Services Definition Language
XML	Extensible Markup Language

1 EINLEITUNG

Mit dem ausgehenden letzten Jahrhundert geht das Zeitalter der Industrialisierung über in das Informationszeitalter. Die Einflüsse neuer Technologien und Methoden verändern die Gesellschaft und mit ihr auch die Landwirtschaft. Diese sieht sich veränderten Rahmenbedingungen ausgesetzt:

1. Organisationsformen

Betriebe werden auch weiterhin größer. Landwirte bewirtschaften in großem Umfang „unbekannte“ Flächen, für die sie keine „historische“ Information nutzen können. Auch beim Einsatz von Fremdarbeitskräften und unerfahrenen Saisonarbeitskräften fehlt die langjährige Erfahrung des Betriebsleiters im Bezug auf die Eigenschaften der Flächen. Ähnlich verhält es sich bei der überbetrieblichen Arbeitserledigung. Durch vertragliche Bindungen und Kooperationen innerhalb der Wertschöpfungskette ergibt sich aber zunehmend die Forderung nach mehr Information über Produkte und ihre Produktionsprozesse.

2. Beschleunigter Wandel

Sich schnell ändernde Rahmenbedingungen, nicht zuletzt durch Vorgaben der Politik, zwingen zu einer hohen Anpassungsfähigkeit der Betriebe und des Produktionsprogramms. Eine zunehmende Volatilität der Preise von Produkten und Produktionsmitteln erfordert eine ständige Anpassung der Prozesse. Nur eine detaillierte Kenntnis der Abläufe in Kombination mit einer schnellen Informationsbeschaffung liefert die Informationsgrundlage für fundierte Entscheidungen.

3. Prozesse und Maschinen

Maschinen werden zunehmend komplexer. Zwar ermöglichen Elektronik und Kommunikation in den Maschinen neue Bedienkonzepte durch Integration von Funktionen; eine dem Leistungspotential der Maschinen angepasste und auch ökonomisch notwendige Auslastung der Maschinen bleibt aber eine Herausforderung.

4. Gesellschaft und Politik

Die Gesellschaft ist heute an einer Landwirtschaft interessiert, die vor allem sichere Lebensmittel produziert. Auch die Einhaltung von umweltfreundlichen und tiergerechten Produktionsformen steht im Fokus. Kanalisiert wird zumindest ein Teil dieser Forderungen in der Agrarpolitik. Ein zentrales Thema dabei ist die Dokumentation des Produktionsprozesses. Information über Produktion muss zeitnah, sauber und richtig vorliegen [Sin06].

Folge dieser Rahmenbedingungen ist ein zunehmend komplexes Betriebsmanagement. Dabei sind Elektronik und die Informations- und Kommunikationstechnologie (ICT) nicht nur willkommene Helfer [AVPBD05], sondern auch Teil einer wissensbasierten Landwirtschaft, die als Lösungsansatz für die verschiedenen Herausforderung gesehen wird

[Sin06]. Die ICT wird damit zur Schlüsseltechnologie innerhalb einer veränderten Landwirtschaft und Landtechnik [Aue00c], deren Potenziale es zu nutzen gilt.

Nach AUERNHAMMER (2000) ermöglicht der Elektronikeinsatz in der Landwirtschaft „den Aufbau und die Realisierung durchgängiger Informationsströme von der automatisierten Datenerfassung über die Analyse und Entscheidung hin zur Umsetzung über geeignete Aktorik und einer ständigen und abschließenden Beurteilung und Bewertung. Die landwirtschaftliche Produktion wird dadurch nicht nur leistungsfähiger, sondern auch umweltfreundlicher – präziser“¹ [Aue00a].

Tatsächlich stoßen derzeit Wissenschaft und Praxis in der Realisierung dieser Vision an Grenzen und ein Großteil des Potenzials der Informations- und Kommunikationstechnologie ist noch nicht genutzt. Vor allem die Vision integrierter Systeme und der Durchgängigkeit der Informationsströme ist schwer realisierbar. Zahlreiche strukturelle und technologische Hürden gilt es dafür zu überwinden. Diese reichen von gemeinsamen Definitionen für den Datenaustausch über die Entwicklung von geeigneter Software und der Integration entsprechender Sensorik und Aktorik mit der verbindenden Elektronik in Maschinen und Betriebseinrichtungen.

Wie ist nun diesen vielfältigen Herausforderungen zu begegnen? Wie kann ein integriertes Betriebsmanagement mit Managementtools und Informationssystemen, wie es [AVPBD05] vorschlägt, aussehen? Oder „steuert SAP demnächst die Agrarwirtschaft“ [Cla03]? Diese offenen Fragen führen auch in der Praxis zu Verunsicherung. So finden sich in landwirtschaftlichen Fachzeitschriften Hinweise auf Zweifel, ob derartige Probleme in Zukunft nutzbringend gelöst werden können. „Traum oder Albtraum“ betitelte z. B. RADEMACHER (2001) einen Artikel über Hindernisse und Möglichkeiten der IT im Ackerbau und spricht damit die ambivalente Einstellung der Landwirte zu diesem Thema an [Rad07].

Auf wissenschaftlicher Seite münden diese Herausforderungen und offenen Fragen in eine Vision, wie ein betriebliches Informationsmanagement aussehen könnte [Aue00c]:

„Betriebsführung erfordert immer aktuellste Daten und Informationen, muss bei Veränderungen außerhalb gesetzter oder kritischer Grenzwerte schnellstmöglich Signale erhalten, erfordert zuverlässige Informationen über Trends und benötigt exaktes finanzielles Controlling. Dies kann manuell nicht gewährleistet und sichergestellt werden. Benötigt werden vernetzte Systeme mit automatisierter Datenerfassung, zielgerichteter Datenaufbereitung und -analyse, sowie integrierten Prognose- und Entscheidungshilfesystemen. Automatisch arbeitende Informationsbeschaffungssysteme müssen täglich bis stündlich den Informationsupdate selbständig durchführen. Betriebliche Vergleiche zu ähnlichen Betrieben und zu den Spitzenbetrieben gleicher Größe sind erforderlich, automatische Schwachstellenanalysen sollten die möglichen Reserven aufdecken und die eigenen Vorteile herausstellen. All dies erfordert die Informationsübermittlung mit hoher Bandbreite für Daten, Ton und Bild

1 a.a.O., S. 51.

und den problemlosen und schnellen Informationszugriff auf die verschiedensten Daten- und Informationsquellen.“²

Damit wird die Forderung nach einem Managementsystem für den einzelnen landwirtschaftlichen Betrieb formuliert, das industriellen Standards genügt. Dabei können aufgrund der Besonderheiten der landwirtschaftlichen Produktion (siehe auch 2.3) die Prozesse selbst nicht industriell gestaltet werden. Es geht vielmehr um eine Objektivierung und Professionalisierung des Datenmanagements, der Entscheidungsfindung und der Dokumentation.

Die Gestaltung eines solchen Managementsystems kann sich dabei an den Abläufen orientieren, wie sie Landwirte heute praktizieren. Ein Landwirt, der seit Jahren seine eigenen Flächen bewirtschaftet und auf unterschiedliche lokale Gegebenheiten mit einer veränderten Bewirtschaftung reagiert, betreibt im Prinzip Precision Farming [Aue99]. Dabei ist das Managementsystem aber allein im Kopf des Landwirts.

- Die Erträge einer Teilfläche sind über die Jahre hinweg bekannt. Nicht als absolute Zahl, aber als ein in gewissen Maße „Mehr“ oder „Weniger“.
- Der Wechsel von Bodenart und -güte ist seit Jahren über Beobachtungen bei den verschiedensten Bodenbearbeitungsmaßnahmen bekannt. Nicht als objektive Bodenzahl oder -art, sondern relativ als eher „schwerer“ oder „leichter“ Boden.
- Der Einfluss des N-Düngers auf das Wachstum und die Ertragsbildung einer Pflanze ist im Fachwissen des Landwirts verankert. Nicht als mathematisches Modell, vielmehr als ein diffuses Wissen im „Hinterkopf“.
- In Kenntnis der Bewirtschaftungshistorie werden zusätzlich Beobachtungen bei Überfahrt gemacht. Pflanzen sind schlechter entwickelt oder verfärbt.
- Unter Einbeziehung all dieser Faktoren wird schließlich die Düngermenge für einen ganzen Schlag festgelegt und auf Teilflächen direkt bei der Überfahrt entsprechend angepasst. Dies ist kein strenger, objektiver Prozess. Der Landwirt agiert eher „aus dem Bauch heraus“.

In den wenigsten Fällen bewirtschaften jedoch heute die Landwirte nur ihre eigenen Flächen über viele Jahre und führen auch jede Maßnahme selbst durch, bei der sie so vorgehen können. Entsprechend würde ein ideales Managementkonzept die Bereiche des "unterbewussten Managements", wie das oben beschriebene Beispiel, vollständig in einem integrierten Informationssystem abbilden und somit zu einer Objektivierung der Prozesse beitragen.

1.1 Problem

Mit dem Einsatz neuer Technologien zur Datenerfassung sind zunehmend wichtige Informationen für das Betriebs- und Prozessmanagement digital verfügbar. Die Bandbreite

² a.a.O., S. 10 f.

reicht von georeferenzierten Sensorinformationen, die der Landwirt bei der Arbeitserledigung selbst erzeugen kann (z.B. Ertragsdaten) bis hin zu Messdaten von Satelliten, aus denen über komplexe Modelle Aussagen über den Zustand des Pflanzenbestandes getroffen werden können. Allgemein ist das Potenzial dieser Daten anerkannt und wird auch zunehmend genutzt. Zur Verarbeitung dieser Daten wurden zahlreiche, spezialisierte Softwaretools entwickelt, die sich häufig mit einer stark eingegrenzten Fragestellung beschäftigen. ABT et al. (2005) sprechen sogar davon, dass es mittlerweile so viele Softwaretools wie unterschiedliche Managementmethoden gibt [AVPBD05]. Abbildung 1 benennt beispielhaft einige im Jahresverlauf benötigte und produzierte Daten sowie die notwendigen Softwaremodule für die Abarbeitung der Aufgaben.

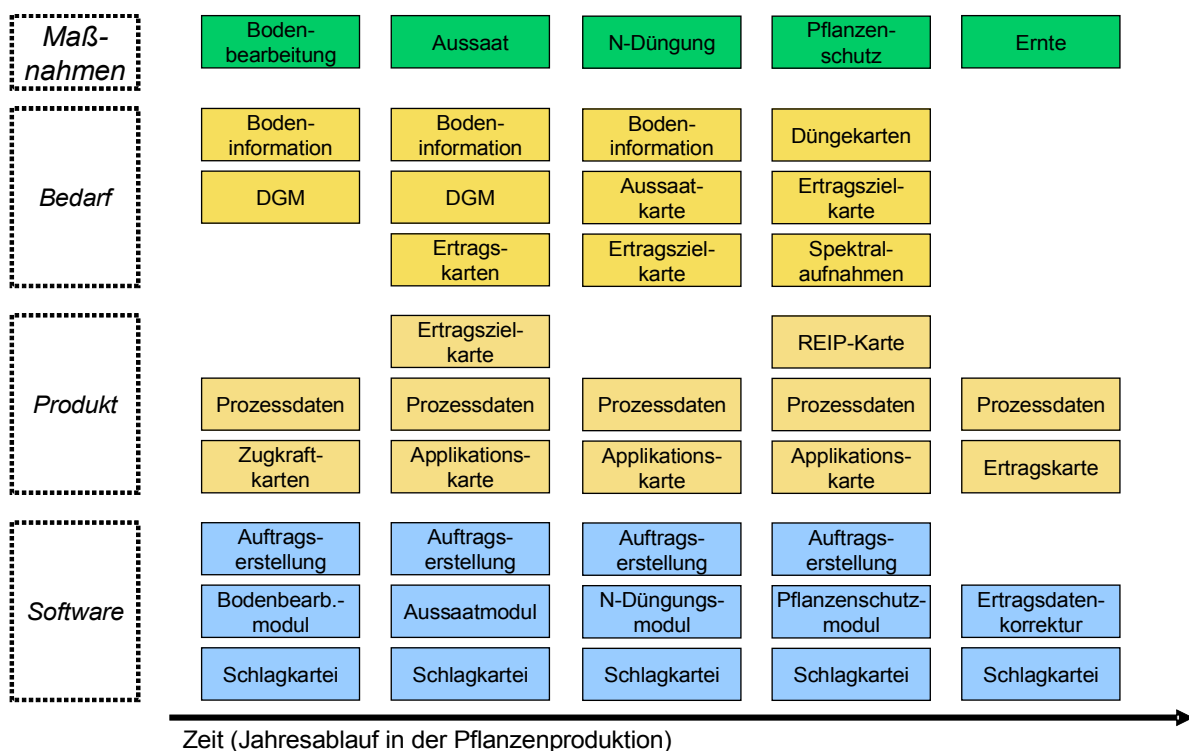


Abbildung 1: Beispiele für Daten und Vorgänge bei Maßnahmen im Precision Farming

Schlagkarteien, Datenerfassungssysteme, GIS-Software, Precision Farming Applikationen, verschiedene Dokumentationslösungen, PC-Software, die speziell zu Maschinen mit ausgeliefert wird und Kombinationen davon sind ein Ausschnitt aus dem Spektrum der Softwaretools für den Landwirt. Diese Programme arbeiten meist mit unterschiedlichen Datenstrukturen und -formaten. Eine Nutzung ein und derselben Information für verschiedene Anwendungen ist häufig unmöglich oder einigen wenigen computerbegeisterten Pionieren überlassen. Information, die zwar digital vorliegt, kann zum Teil aufgrund unterschiedlicher Datenformate und Schnittstellen nicht genutzt werden. Dieses Phänomen ist als das Problem der Mehrfacherfassung vielen Landwirten bekannt, da Daten, die eigentlich schon vorliegen zur Nutzung in einer anderen Software erneut eingegeben werden müssen. Häu-

fig wird auch vom „Datenfriedhof“ gesprochen, wenn Daten vorliegen, aber aufgrund von Schnittstellenproblemen nicht weiterverwendet werden können.

Das Beispiel der Nutzung von Ertragskarten zur Entscheidungsunterstützung für eine Düngung kann diese Problematik verdeutlichen:

Systeme zur Ertragserfassung im Mähdrescher erzeugen Rohdaten. Diese wurden bereits auf der Maschine einer ersten Vorverarbeitung (Glättung etc.) unterzogen. Zum Auslesen der Daten ist hier zum Teil herstellerspezifische Software notwendig. Bei der Verarbeitung der Daten zu Ertragskarten kommen geostatistische Verfahren zum Einsatz (z. B. [BA05], [Noa06]). Sollen hier auch noch Daten von Mähdreschern verschiedener Hersteller oder Ertragsdaten aus Vorernten mit anderen Früchten verwendet werden, können die notwendigen Arbeitsschritte nur noch von einem Spezialisten durchgeführt werden [Noa07]. Zudem wurden für die Erstellung der Ertragskarten zahlreiche Verfahren entwickelt. In der Regel ist dazu wiederum eine zusätzliche Software erforderlich. Die Auswahl eines geeigneten Verfahrens für Filterung und Verarbeitung ist auch in der Forschung ein häufig diskutiertes Thema [BM99]. So werden beim Landwirt die Ertragsdaten oftmals nur „zu bunten Bildern verarbeitet, deren generelle Aussagefähigkeit eher zweifelhaft zu beurteilen ist“³ [Aue00c]. Wenn nun diese Information als Grundlage für eine Düngemaßnahme herangezogen werden soll, stellt sich die Frage, wie die Daten für die weitere Verarbeitung bereitgestellt werden können. Dabei spielt sowohl das Datenformat, als auch der physikalische Weg der Weitergabe eine Rolle. Zudem ist nicht von vorn herein klar, ob die Information als Rohdaten aus dem Mähdrescher oder in Form einer fertigen Ertragskarte verwendet werden. Unabhängig davon ist oft nicht bekannt, welcher Vorverarbeitung die Daten unterzogen wurden und ob in den weiteren Schritten dadurch Verzerrungen auftreten können. Auch ist die Vergleichbarkeit der Daten nicht unbedingt gegeben [BM99]. Einige Betriebsleiter arbeiten heute mit solchen Verfahren und haben dazu ein für ihren Betrieb passendes System entwickelt. Für kleinere Betriebe ist dies aber nicht zu realisieren. Bezeichnend für diese Situation ist, dass Betriebsleiter bei der Auswahl der Technik und bei Investitionsentscheidungen nach Herstellern entscheiden müssen und nicht die für das jeweilige Problem und die betriebliche Situation am besten geeignete Lösung wählen können.

Das enorme Potenzial der Elektronik und ICT kann also heute nur unzureichend ausgeschöpft werden.

1.2 Ziel

Deshalb gilt es, Wege für die zukünftige, integrierte Nutzung der Informations- und Kommunikationstechnologie in der informationsgeleiteten Pflanzenproduktion aufzuzeigen. Prozessdaten sind eine wichtige und umfangreiche Datengrundlage für Precision Farming. Damit ist die automatische Datenerfassung die wichtigste Datenquelle für die Dokumentation [Aue02a]. Hauptziel der Arbeit ist die Integration der automatisch erfassten Prozessdaten

³ a.a.O., S. 10.

in ein Informationsmanagementsystem für Precision Farming. Ein solches System muss allerdings grundsätzlich so ausgelegt werden, dass es nicht nur für Precision Farming genutzt, sondern auch in ein Gesamtkonzept für das Informationsmanagement in der Landwirtschaft integriert werden kann.

Dazu gilt es zunächst die aktuelle Situation zu erfassen und Entwicklungstendenzen zu erkennen. Dieser Stand des Wissens wird in Kapitel 2 aufgearbeitet. Zum einen werden Informationen über die Ausgangssituation, Tendenzen und Trends im Bereich der Nutzung von Informationstechnologien in der Landwirtschaft, im Speziellen für Precision Farming als zukünftiger Form der Landbewirtschaftung erarbeitet. Zum anderen werden Lösungen und Trends aus der Anwendung der Informationstechnik in anderen Wirtschaftsbereichen dargestellt und auf ihre Übertragbarkeit auf den Agrarbereich untersucht.

Auf Basis dieser Erkenntnisse werden die Methoden für das Informationsmanagement für den Pflanzenbau im Allgemeinen und im Speziellen für einen Prozessdatenservice entwickelt (Kapitel 3). Dazu werden basierend auf dem aktuellen Stand des Wissens Anforderungen abgeleitet, aus denen mögliche Lösungsansätze für ein Informationssystem Precision Farming hergeleitet werden. Hieraus werden notwendige Datenflüsse und Komponenten auf konzeptioneller Ebene identifiziert.

Entsprechend dieser Vorgaben wird in Kapitel 3.2 die Integration von Prozessdaten in das Informationsmanagementsystem methodisch beschrieben. Dazu wird aus dem aktuellen Stand im Umgang mit Prozessdaten in Praxis und Forschung ein konzeptionelles Modell für einen Prozessdatenservice erarbeitet.

Dieses Modell wird in Kapitel 4 umgesetzt und ein Prozessdatenservice implementiert. Dieser besteht aus den im konzeptionellen Modell entwickelten Anwendungen und Komponenten. Die Datenbasis für Betrieb und Test des Systems bilden Daten aus den Forschungsprojekten IKB (<http://ikb.weihenstephan.de/>) und preagro (<http://www.preagro.de/>).

In Kapitel 5 wird anhand des Implementationsprozesses und des Testbetriebes in einem ersten Schritt das vorgeschlagene Konzept für Prozessdaten diskutiert und diese Diskussion in einem weiteren Schritt auf konzeptioneller Ebene für das Informationsmanagement für Precision Farming erweitert.

2 STAND DER INFORMATIONS- UND KOMMUNIKATIONSTECHNIK (ICT)

2.1 Stand der Informations- und Kommunikationstechnik (ICT) im Pflanzenbau

Um die Ausgangssituation zu erfassen, wird zunächst auf die heute verbreitete Nutzung der Informationstechnologien in der Landwirtschaft, im Speziellen im Pflanzenbau eingegangen. Hier gilt es Fragen zu klären, wie viele Landwirte überhaupt den Computer als Hilfsmittel nutzen, welche Anwendungen dabei eine Rolle spielen und welche Probleme dabei auftreten. Um nicht nur die aktuelle Situation abzudecken, sondern auch potentielle zukünftige Entwicklungen zu erfassen, werden die unter dem Begriff des Precision Farming zusammengefassten Anwendungen, die als die zukünftige Form der Landbewirtschaftung gelten [WDSS07], vorgestellt und die Rolle der ICT in diesem Umfeld in besonderem Maße beleuchtet.

2.1.1 Elektronik im Pflanzenbau

Die Arbeit mit Information kann heute nicht mehr vom Einsatz von Elektronik getrennt werden [KSF02]. Deswegen ist es erforderlich, einen kurzen Blick auf die Einführung der Elektronik in der Landwirtschaft, speziell in Arbeitsmaschinen zu werfen.

Seit Jahren wird in Landmaschinen Elektronik eingesetzt, um die Steuerung zu vereinfachen und Prozesse zu verbessern. Ein erster Meilenstein dabei war die Einführung der elektronischen Hubwerksregelung (EHR) 1979. Diese bildete den vorher mechanischen Regelkreis der Zugkraftregelung mit Hilfe der Elektronik ab. Durch die Nutzung von Sensoren und elektronisch angesteuerten Aktoren ergaben sich neue Kombinationsmöglichkeiten und dadurch neue Regelstrategien. Ist der Schlupf des Traktors bekannt, lässt sich diese Größe zur Regelung des Hubwerks verwenden.

Mit der Entwicklung des Landwirtschaftlichen BUS-Systems LBS [Aue83], [DIN9684] wurden die Grundlagen geschaffen, verschiedene Sensoren und Aktoren zu vernetzen und dem Bedienpersonal Möglichkeiten zur Visualisierung und Eingabe von Information zur Verfügung zu stellen. Diese nationale Norm war Grundlage für die internationale Norm ISO11783: „Tractors and machinery for agriculture and forestry - Serial control and communication data network“, die vor allem unter dem Namen ISOBUS bekannt ist [ISO11783]. Dieser Ansatz wird als Weg der Kommunikation für landwirtschaftliche Maschinen in der näheren Zukunft gesehen [OOMV05]. Tatsächlich werden heute in stark zunehmender Zahl unterschiedlichste Maschinen und Geräte von verschiedenen Herstellern mit ISOBUS ausgestattet und angeboten.

Das Potenzial der Elektronik wird zudem durch die Nutzung von satellitengestützten Ortungssystemen erweitert. Beginnend im Jahr 1985 wurde das NAVSTAR-GPS vom US-amerikanischen Militär in Betrieb genommen. Der potentielle Nutzen für landwirtschaftliche Anwendungen wurde schnell erkannt, da nicht nur die Positionsbestimmung, sondern auch

die Zuordnung von Information zu einem geographischen Ort neue Anwendungsbereiche erschließt. Beispiele dafür sind:

- lokale Ertragsermittlung,
- teilflächenspezifische Applikation bei Düngung, Pflanzenschutz und Saat,
- Flächenvermessung,
- Dokumentation mit Ortsbezug,
- Navigation für einzelne Maschinen und Flotten,
- Spurführung (Navigation im Feld),
- Automatische Teilbreitenschaltung.

Solche Anwendungen werden vor allem durch die bestehende Integration der Ortung in ISOBUS möglich und auch mit akzeptablem Aufwand benutzerfreundlich umsetzbar. So kann in Zukunft die Entwicklung weiterer standortbezogener Funktionen und Anwendungen erwartet werden. Heute steht ergänzend zum amerikanischen System GPS auch das russische GLONASS (Globalnaja Nawigazionnaja Sputnikowaja Sistema) zur Verfügung. Das europäische Galileo-System ist derzeit im Aufbau. Dadurch ist eine Verbesserung der Genauigkeit und Verfügbarkeit der Positionierung gegeben und weiter zu erwarten.

Parallel zu den Entwicklungen bei der Elektronik hielt die Informationstechnik auch Einzug im Büro des Landwirts und verdrängte zunehmend das Papier. Erste Schlagkarteien auf der Basis von MS DOS kamen zum Einsatz. Zum Durchbruch verhalfen aber erst graphische Benutzeroberflächen (Graphical User Interface - GUI). Einen weiteren Meilenstein stellte die Integration von Geographischen Informationssystemen (GIS) in die Schlagkarteien dar, mit deren Hilfe die Informationen aus den Ortungssystemen auch für den Landwirt nutzbar wurden.

Die Verbindung dieser technischen Entwicklungen in der Außenwirtschaft, der Innenwirtschaft und dem Betriebsmanagement birgt zusätzliche Vorteile. Die daraus entstandene Notwendigkeit zur Datenübertragung schafft allerdings eine Schnittstellenproblematik. Informationen aus der Ertragskartierung sollen z. B. verwendet werden, um Applikationskarten für die Düngung zu erzeugen. Diese müssen vom PC auf die Maschine übertragen werden können. Nach Ausführung der Arbeiten sollen die Informationen wieder für das Betriebsmanagement zu Verfügung stehen.

2.1.2 Computereinsatz in der Landwirtschaft

Zur Nutzung der EDV in der Landwirtschaft haben ROSSKOPF UND WAGNER über mehrere Jahre Befragungen durchgeführt [RW02], [RW03], [RW06]. Eindeutig ist eine Zunahme des Einsatzes der Informations – und Kommunikationstechnologie in der Landwirtschaft in den letzten Jahren, so dass „das Vorhandensein eines Computers und auch einer Verbindung zum Internet eher zum Selbstverständnis als zur Ausnahme wird“⁴ [RW02]. Den höchsten

4 a.a.O., S. 183.

Verbreitungsgrad haben dabei nicht landwirtschaftliche Anwendungen. Standardprogramme (Textverarbeitung, Tabellenkalkulation) werden am häufigsten eingesetzt (85 %), gefolgt von Homebanking (57 %). An landwirtschaftlicher Software kommen am häufigsten Schlagkarteien (49 %), Düngemanagement (47 %) und Buchführungsprogramme zur Anwendung. Eine eher untergeordnete Rolle spielen Mobile Computing (15 %) und Software für Precision Farming (6 %) [RW06]. Das Internet wird hauptsächlich zur Informationsversorgung und für Homebanking genutzt, jedoch wenig oder gar nicht für Ein- und vor allem Verkauf von Betriebsmitteln und Produkten [RW03]. Auch bei der Weitergabe von Informationen spielt das Internet mit Ausnahme der Tierzucht eine untergeordnete Rolle. In den meisten Fällen geschieht dies in Papierform [RW06].

Aufgrund der grundsätzlich starken Verbreitung stellt sich die Frage nach dem eher schleppenden Einsatz von landwirtschaftlicher Software. Hier wurden verschiedene Akzeptanzprobleme eruiert. Abbildung 2 zeigt den Anteil der Nennungen bei einer Befragung von Landwirten und die Rangfolge der Probleme aus der Sicht von Wissenschaftlern [RW03]. Die Landwirte stellen hier weniger informationstechnische Gründe, sondern fehlendes Training und Verständnis für den Nutzen des PC in den Vordergrund. Wissenschaftler sehen abweichend dazu jedoch die Gründe vor allem in der fehlenden Benutzerfreundlichkeit, den hohen Anschaffungskosten, aber auch einem fehlenden Verständnis von Landwirten für den Nutzen des Computereinsatzes. Wenn es um die Anforderungen an neue Software geht, nennen Landwirte jedoch die Benutzerfreundlichkeit mit der Konsequenz einer leichteren Einarbeitung als erstes. Ein weiterer wichtiger Wunsch ist die Möglichkeit zur Anpassung der Software an die betrieblichen Gegebenheiten.

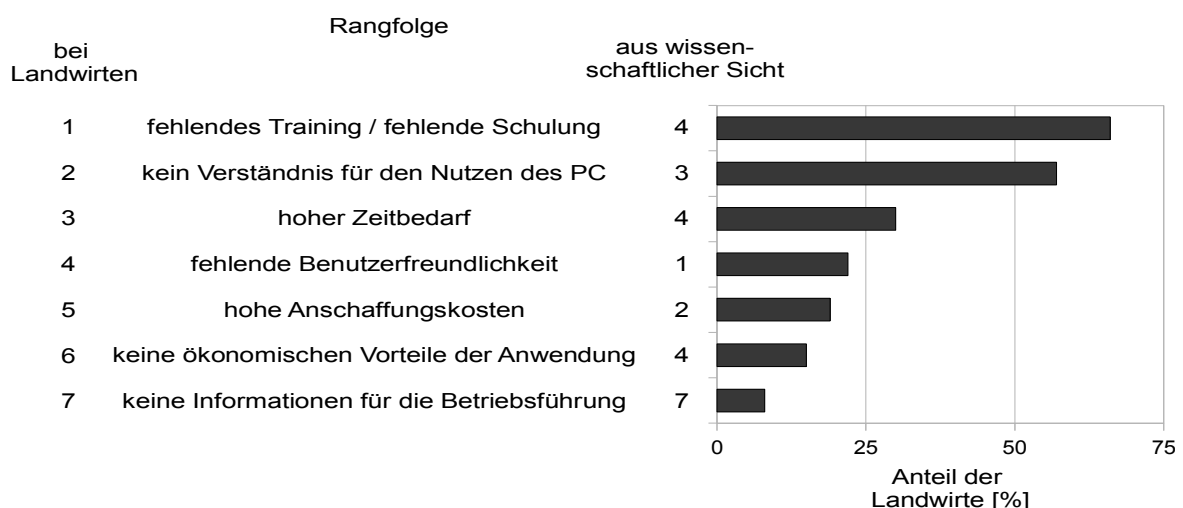


Abbildung 2: Akzeptanzprobleme bei der Nutzung landwirtschaftlicher Anwendungen nach Einschätzungen von Landwirten und Wissenschaftlern; Mehrfachnennungen möglich (nach [RW03])

GELB UND VOET (2009) haben Befragungen von Wissenschaftlern auf den Tagungen der EFI-TA (European Federation of Information Technology in Agriculture) miteinander verglichen

[GV09]. Die Existenz eines grundsätzlichen Problems wird festgestellt bzw. zunehmend erkannt (2001: 53,2 %; 2007: 94,4 %). Hier sind vor allem die Bereiche Decision Support Systeme, Precision Farming und Modellierung von Prozessen hervorzuheben. In der Priorisierung der Hemmnisse kommt es im Befragungszeitraum zu Verschiebungen. So verringert sich der Anteil derer, die mangelnde Fähigkeiten des Landwirts als Grund sehen von 2005 mit 45 % nach 2007 auf 13 %. Eine ähnliche Tendenz zeigt sich bei der Vermutung, dass der Wert der ICT nicht richtig eingeschätzt wird mit einem Rückgang von 30 % auf 18 %. Begründet wird dies vor allem mit einer Zunahme der Professionalität von Landwirten in der Nutzung des Computers. Gleichzeitig wird auch klargestellt, dass sich auf Seiten der ICT keine merklichen Verbesserungen ergeben haben. Dies wird als Übergangsphase einer ständigen Anpassung und Verbesserung der ICT gesehen, bei der es zu einer gewissen Top Down-Realität bei der Softwareentwicklung kommt. Danach entwickeln Softwarefirmen bisher Standardsoftware, bei der eine Anpassung an die betrieblichen Gegebenheiten schwer oder gar nicht möglich ist.

Die Einschätzung von Landwirten und Wissenschaftlern zu Hemmnissen in der Einführung der ICT passen sich zunehmend an. Ergab ein Vergleich der Befragungen von Landwirten und Wissenschaftlern über die Jahre 2001-2003 noch eine unterschiedliche Reihung der Hemmnisse (Abb. 2) [RW03], so zeigt ein Vergleich der Zahlen aus 2005 in [GV09] und [RW06] ein einheitlicheres Bild.

In der letzten Befragung der wissenschaftlichen Seite [GV09] rücken Aspekte in den Vordergrund, die durch Aus- und Weiterbildung nicht zu beeinflussen sind. Zum einen wird eine fehlende technische Infrastruktur vor allem in Bezug auf die begrenzten Möglichkeiten für Kommunikation und Datenverkehr in ländlichen Gebieten als hemmend gesehen (29 %), aber auch die Kosten für eine solche Technologie werden kritisch beurteilt (23 %). Schließlich wird auch mangelnde Zeit, um sich mit der Materie zu beschäftigen, als Hemmnis angeführt (23 %). Nach wie vor gilt nicht vorhandener oder erkennbarer Nutzen als bremsend.

Es kann also erwartet werden, dass Landwirte, die aus der ICT einen erkennbaren Nutzen für ihren Betrieb generieren können, diese Techniken auch einsetzen, sofern eine Anpassung an die betrieblichen Gegebenheiten gewährleistet ist.

2.1.3 Standardsoftware im Pflanzenbau

Schlagkarteien sind die am häufigsten eingesetzte pflanzenbauliche Software. Sie sind von verschiedenen Herstellern in unterschiedlichen Ausbaustufen erhältlich. In der Regel sind diese Programme modular aufgebaut. In einem Grundmodul können Schläge mit ihren Anbaudaten verwaltet und in einem Arbeitstagebuch Maßnahmen gebucht werden. Je nach Ausrichtung des Betriebes können dann weitere Module gekauft und aktiviert werden. Häufig zu finden sind integrierte GIS-Lösungen zur georeferenzierten Darstellung der Schläge, Auftragsplanung und -verwaltung, Pachtverwaltung, Düngeplanung, Lagerhaltung, Faktu-

rierung oder Schnittstellen zur Buchführung. Eingeschränkte Versionen ohne ökonomische Berechnungsmöglichkeiten werden auch als reine Dokumentationssoftware vertrieben.

Auch internetbasierte Schlagkarteien sind auf dem Markt. Die Installation einer Software auf dem PC ist nicht notwendig, da die Bedienung mit einer Weboberfläche über einen Internet-Browser funktioniert. Sämtliche Daten werden beim Anbieter der Online-Schlagkartei gespeichert. Eine Übersicht über die verschiedenen Hersteller und Produkte bietet das Agrarsoftwareverzeichnis der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft [DLG08]. Unter der Rubrik Schlagkartei werden hier 25 Produkte von 17 Herstellern geführt (Stand 13.12.2008).

Besonders in Arbeitsspitzen und bei geringer Arbeitskräfteausstattung leidet die Qualität der Dokumentation häufig durch zeitlich verzögerte Aufzeichnungen, da – wenn überhaupt – die Erfassung zunächst manuell auf Papier erfolgt und dann später in den PC übertragen wird [PJ07]. Deshalb haben viele Anbieter auch Lösungen für „Mobile Computing“ im Programm. Spezielle Versionen der Schlagkartei können auf einem Handheldcomputer (Personal Digital Assistant - PDA) oder Smartphone genutzt werden. Damit ist Information aus der Schlagkartei auch im mobilen Einsatz verfügbar und neue Eingaben können direkt bei der Arbeitserledigung durchgeführt werden. Eine detaillierte Erfassung ist aber auf diesen mobilen Computern aufgrund des kleinen Bildschirms und der dadurch begrenzten Eingabemöglichkeiten aufwändig und wird daher oft nicht im erforderlichen Umfang genutzt.

Zudem sind bereits erste Lösungen auf dem Markt, die wiederum eine Verbindung zwischen dem PDA und dem Anbaugerät aufbauen und so z. B. die Ausbringmenge eines Düngeauftrags an den Düngerstreuer übertragen und die entsprechenden Daten nach Ende der Maßnahme wieder an den PDA übergeben [AW08] (Abb. 3 links). Der PDA fungiert dabei als verbindendes Glied zwischen FMIS und Geräten. Zum Teil sind auch spezielle Handgeräte zur Datenerfassung im Einsatz. Menüeinträge können über ein LCD-Display und Pfeiltasten ausgewählt werden und so Arbeiten dokumentiert und Arbeitszeiten erfasst werden. Bei der Arbeit mit Maschinen wird über eine spezielle Halterung eine Verbindung zu einem GPS-Receiver hergestellt, um so die Aufzeichnung von Fahrspuren zu ermöglichen. Diese werden dann an die Schlagkartei übertragen und Aufträgen zugeordnet (Abb. 3 rechts).

Während diese Lösungen die Schlagkartei als gemeinsamen Ausgangspunkt haben, gibt es verschiedene Konzepte, die ihren Ursprung auf der Arbeitsmaschine haben. Zusammengefasst als Systeme zur „Automatischen Datenerfassung“ werden diese Systeme in 2.1.4.1.1 dargestellt.



Abbildung 3: Hardware des Automatischen Schlagbezogenen Düngesystems (ADS) links (Quelle: Amazone) und Datenerfassungsgerät AutoDok von Landdata Eurosoft rechts (Quelle: Landdata Eurosoft)

Die bisher beschriebenen Systeme sind in der Praxis bereits mehr oder weniger verbreitet. Schlagkarteien werden von bis zu 50 % der Landwirte eingesetzt, während Lösungen im Bereich des Mobile Computing nur bei etwa 14 % der Betriebe genutzt werden [RW03].

Demnach können Schlagkarteien heute im Pflanzenbau als Standard gesehen werden, jedoch wird gerade die Inflexibilität dieser Standardsoftware kritisiert [RH06]. Speziell die Möglichkeiten der Anpassung der Software an die betrieblichen Gegebenheiten und individuelle Informationsflüsse wirken begrenzend. Allerdings können auch aus Officesoftware und GIS-Komponenten zusammengestellte Ansätze nicht als praxistaugliche Lösungen bezeichnet werden. Die häufigen, mehrmaligen Dateneingaben aufgrund fehlender Möglichkeiten zum Datenaustausch werden als kritisch gesehen und begrenzen den Informationsfluss, der so nicht durchgehend ist, um die alltäglichen Managementaufgaben des Landwirts ausreichend zu unterstützen [WVB07].

Um die Herausforderungen für das Informationsmanagement erkennen zu können, ist es deshalb notwendig, die zukünftige technische Entwicklung der Landbewirtschaftung und die daraus folgenden Konsequenzen für den Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnik einzuschätzen. Als ein solcher Entwurf für die Zukunft gilt „Precision Farming“ (PF). Im Folgenden werden dazu der aktuelle Stand der Entwicklung dargelegt und die Rolle der ICT geklärt. Die aufgezeigten Systeme und Anwendungsbeispiele sind Ergebnisse aus Forschungsprojekten oder werden von einzelnen technisch versierter Landwirten angewendet. Sie sind aber nicht als allgemein geläufige Praxis zu sehen, sondern eher als „Leuchttürme“, die ein Licht auf einen möglichen Weg der Zukunft werfen.

2.1.4 Precision Farming

Der Überbegriff des „Precision Agriculture“ oder der präzisen Landwirtschaft fasst verschiedene Methoden und Techniken zusammen. Diese lassen sich in mehrere Bereiche einteilen (Abb. 4).

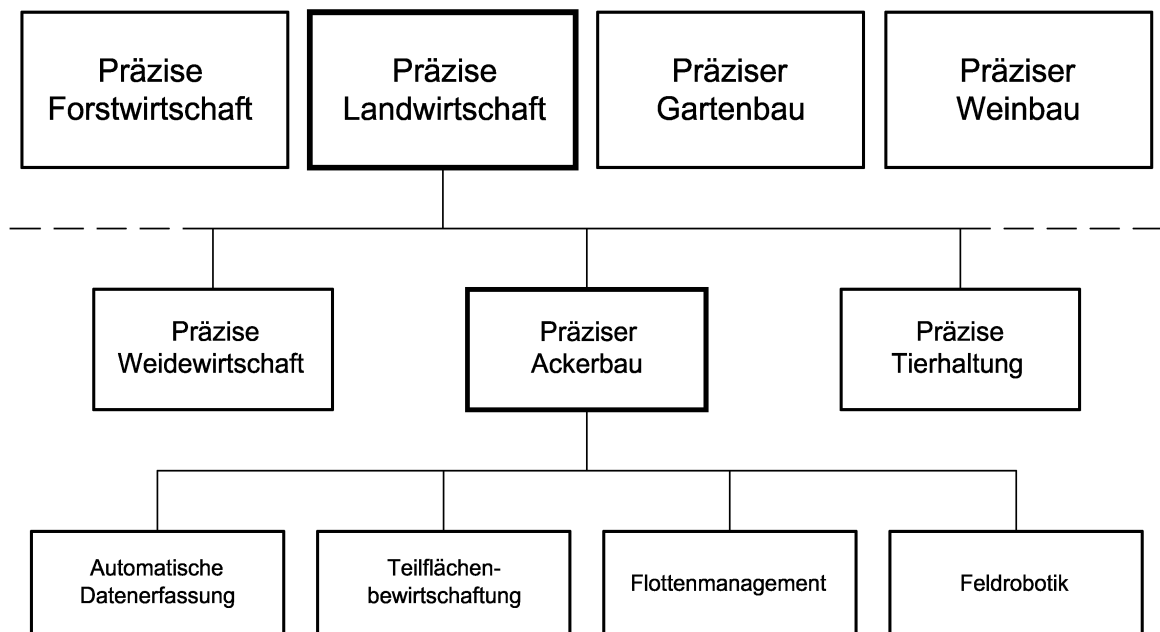


Abbildung 4: Einordnung der Begriffe Precision Agriculture und Precision Farming [Aue02c]

Für den präzisen Pflanzenbau steht hier der Begriff des „Precision (Crop) Farming“, der in dieser Arbeit für die Bearbeitung der Fragestellungen herangezogen werden soll. Dabei umfasst der Begriff mehr als nur die Anwendungsbereiche der Teilflächenbewirtschaftung. Als zusätzliche Bereiche lassen sich automatische Datenerfassung, Maschinenmanagement und Feldrobotik unterscheiden [Aue02c] (Abb. 5). Der Bereich des Precision Livestock Farming soll in dieser Arbeit nur so weit betrachtet werden, wie es notwendig ist, um durch das Herausarbeiten spezieller Unterschiede zum Pflanzenbau eine Verallgemeinerung der entwickelten Strategien zuzulassen.

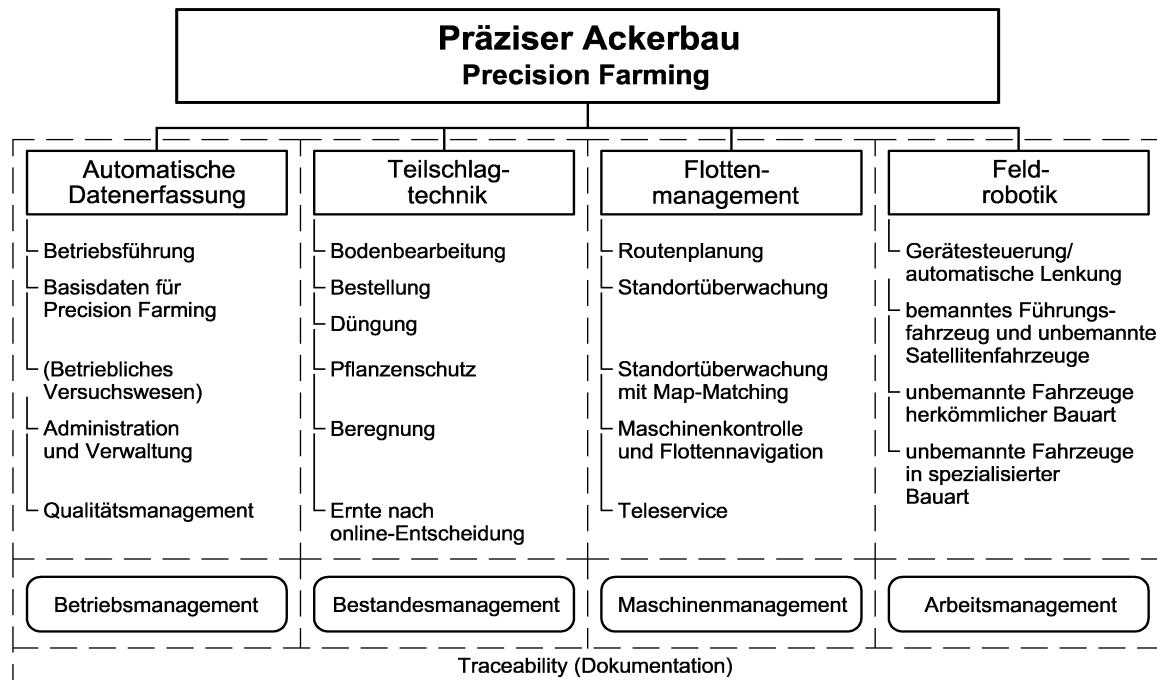


Abbildung 5: Anwendungen im Precision Farming [Aue02c]

Die Techniken, die unter dem Begriff Precision Farming subsumiert werden, sind mit steigender Tendenz etwas mehr als der Hälfte der Landwirte bekannt [RJ08]. Die Zahl der Nutzer liegt allerdings unter zehn Prozent. Verschiedene Hemmnisse tragen dazu bei, dass auch weniger als zehn Prozent der Landwirte als potentielle Nutzer eingestuft werden können.

Auch wenn heute Techniken und Methoden des Precision Farming oftmals das Metier von Pionieren und Technikbegeisterten sind, werden sie gleichzeitig als zukünftige Form der Landbewirtschaftung gesehen [Aue02c]. WERNER ET AL. (2000) gehen davon aus, dass die heute noch gesondert betrachteten Technologien des PF „in die vorhandene Produktionstechnologie des Pflanzenbaus assimiliert“⁵ werden und diese erweitern [WDSS07]. Dabei verlieren sie ihre Sonderrolle und sind zukünftig Teil der gängigen Praxis.

Die Betrachtung der in der Praxis bereits eingesetzten Techniken und der aktuell in der Forschung untersuchten Methoden des Precision Farming zeigt den aktuellen Stand auf und erlaubt eine Abschätzung der Entwicklung der Landbewirtschaftung in der näheren Zukunft und der damit einhergehenden Anforderungen an das Informationsmanagement.

2.1.4.1 Inhalte und Technologien

Im Precision Agriculture müssen Inhalte oder Anwendungsbereiche gemeinsam mit den Technologien betrachtet werden. Einige Felder erfordern die Entwicklung neuer oder die Anpassung von Technik, innerhalb und außerhalb des Sektors. Umgekehrt zeigt erst die

5 a.a.O., S. 57.

Einführung neuer Techniken neue Lösungsansätze und Einsatzgebiete. Als Schlüsseltechnologien des Precision Farming werden Ortungssysteme zur Positionsbestimmung und Systeme zur standardisierten Kommunikation gesehen [Aue00b]. Unabhängig von einer speziellen Anwendung im Hinblick auf Precision Farming haben diese Techniken ihren Weg in die Landwirtschaft gefunden (siehe 2.1.1), sind aber stark mit dem Begriff des PF verknüpft, auch wenn je nach Anwendung unterschiedliche Anforderungen zu erfüllen sind.

Ortungssysteme ermöglichen die Bestimmung der Position auf der Erde. Dadurch können nicht nur bestimmte Ziele gefunden oder Punkte und Pfade angesteuert werden (Navigation, Spurführung), sondern auch Information einem geographischen Ort zugeordnet werden (Dokumentation). Managementdaten, die sich auf den Boden oder die Kulturpflanzen beziehen haben nur eine Bedeutung, wenn auch ihr geographischer Ort bekannt ist [GHB96]. Die Ortung ist damit der Schlüssel für die ortsspezifische Verwendung von Informationen eines Standorts und dem standortspezifischen Einsatz von Maschinen und Betriebsmitteln. Damit ist die Positionierung auch ein zentrales Element unterschiedlicher PF-Systeme [AS99]. Je nach Anwendung sind unterschiedliche Genauigkeiten der Positionierung notwendig [Aue00b]:

- ± 10 m für Zielsuche,
- ± 1 m für teilflächenspezifischen Pflanzenbau,
- ± 10 cm für die autonome Fahrzeugführung,
- ± 1 cm für die Werkzeugführung.

Der Schlüssel für die Übertragung der Information, die für Precision Farming in einer hohen Dichte notwendig ist, sind Kommunikationssysteme. Sowohl für den Datenfluss zwischen Maschinen oder Maschineneinheiten untereinander, als auch zwischen der Betriebsführung und den ausführenden Einheiten. Eine Standardisierung dieser Kommunikationssysteme ist notwendig, um diese Datenflüsse zu gewährleisten und auch um ein solches System aus Bestandteilen unterschiedlicher Hersteller auf den Betrieb angepasst zusammenstellen zu können, da kein Hersteller in der Lage sein wird, ein komplettes integriertes System alleine aufzubauen [GHB96]. In der Außenwirtschaft ist heute ISOBUS [ISO11783] Stand der Technik. ISOBUS regelt zum einen die Datenübertragung vom Büro-PC zur Maschine, aber auch die Vernetzung von Traktor-Geräte-Kombinationen untereinander. Auf diese Weise lassen sich im Betriebsmanagement Arbeitsanweisungen erstellen, die dann an die Maschinen übertragen und entsprechend ausgeführt werden.

Einen Überblick über Verwendung und Einsatz dieser Technologien zeigen die verschiedenen Anwendungsbereiche des Precision Farming, die im Folgenden vorgestellt werden.

2.1.4.1.1 Automatische Datenerfassung

Der automatischen Datenerfassung wird innerhalb der Precision Technologien die höchste Priorität eingeräumt [Aue02a]. Wie in 2.1.3 beschrieben, werden heute Eingaben hauptsächlich manuell getätigt. Auch wenn z. B. bei den mobilen Erweiterungen der Schlagkartei eine Teilautomatisierung der Erfassung möglich ist, fehlen dennoch Erfassungsmöglichkeiten für eine Vielzahl von Daten. Zudem fallen gerade in Arbeitsspitzen viele Daten an, die aufgrund des hohen Arbeitsaufkommens oft nur unvollständig erfasst werden. Die Automatisierung der Erfassung kann die notwendigen manuellen Eingaben auf ein Mindestmaß verringern oder manuelle Schritte auch ganz ersetzen. Durch die Automatisierung ist es zusätzlich möglich, Größen, die außerhalb der Aufnahmefähigkeit der menschlichen Sinnesorgane stehen, zu erfassen und die Datendichte erheblich zu steigern.

Automatische Datenerfassung gilt damit auch als Schlüsselanwendung für die Rückverfolgbarkeit landwirtschaftlicher Produkte [Aue02c].

Ein Spezialgebiet der automatischen Datenerfassung sind Prozessdaten. Drei verschiedene Möglichkeiten der Erfassung gilt es zu unterscheiden [Dem00]:

- Spezialelektronik (z. B. in selbstfahrenden Erntemaschinen [DRA98]),
- Universalelektronik (z. B. GPS-basierter Fahrtenschreiber),
- standardisierte Elektronik mit GPS und Task Controller (ISOBUS).

Bei den mobilen Erweiterungen der Schlagkartei aus 2.1.3 wird das Datenmodell der Schlagkartei und die darin enthaltene Information als Ausgangspunkt für eine Automatisierung verwendet. Im Gegensatz dazu versuchen die ersten Systeme zur automatischen Prozessdatenerfassung die Informationen zu nutzen, die bei der Arbeitserledigung mit Maschinen in elektronischer Form verfügbar sind. Da selbstfahrende Erntemaschinen als abgeschlossene Systeme betrachtet werden können, kann hier Spezialelektronik, die auf die proprietären Schnittstellen von Sensorik und Aktorik angepasst ist, zum Einsatz kommen. Ein Beispiel eines solchen Systems für die Datenerfassung bei der Zuckerrübenenernte wird in [DRA98] beschrieben. Bei Arbeitsgespannen, die aus Maschinen unterschiedlicher Hersteller zusammengestellt werden, muss die Kommunikation in standardisierter Form erfolgen, um die Information jeder einzelnen Maschine nutzen zu können. Ein derartiges System kann z. B. auf der Basis von LBS realisiert werden [ADS00]. Für die weitere Verwendung der Daten ist die Nutzung standardisierter Datenformate für die Übertragung der Information zur Betriebssoftware unabdingbar.

Eine eingehende Betrachtung von Systemen zur Automatischen Prozessdatenerfassung wird aufgrund der Bedeutung für die Implementierung des Prozessdatenservice in 3.2 vorgenommen.

2.1.4.1.2 Teilflächenbewirtschaftung

Mit der Teilflächenbewirtschaftung wird versucht die Heterogenität in sonst einheitlich bewirtschafteten Flächen gezielt zu berücksichtigen. Vor allem Aussaat, Düngung und Pflanzenschutz werden angepasst an die jeweiligen Bedingungen durchgeführt. Dabei haben sich drei Strategien abgezeichnet [AS99] (Abb. 6).

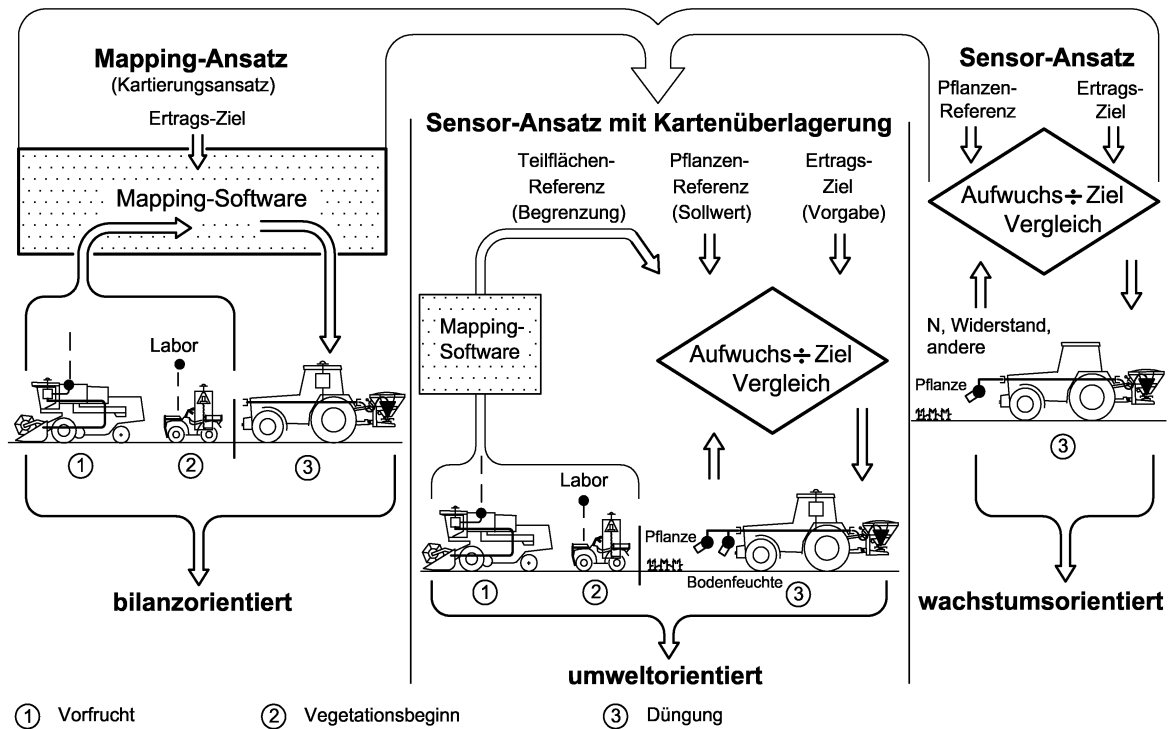


Abbildung 6: Systeme der Teilflächenbewirtschaftung [Aue02c]

Kartenbasierte Systeme

Für jede Teilfläche wird ein Ertragsziel festgelegt. Dieses basiert auf Modellen, die mit unterschiedlichen historischen Informationen arbeiten. Dies sind vor allem:

- Bodenart,
- Nährstoffgehalte im Boden,
- Ertragskarten,
- Informationen über den Pflanzenbestand durch Luftbilder (Flugzeug, Satellit).

Für die Einteilung der Teilflächen gibt es unterschiedliche Methoden. Zum einen kann ein Schlag mit einem Gitter in gleich große Quadrate unterteilt werden. Zum anderen können aus den Informationen Polygone mit annähernd gleichen Eigenschaften errechnet werden. Für jede Applikation muss dann ausgehend von der Ertragszielkarte für jede Fläche eine Applikationsmenge errechnet werden. Die resultierende Applikationskarte wird auf die Maschine übertragen und über einen ständigen Abgleich der Fahrzeugposition mit der Applikationskarte der entsprechende Sollwert an das Arbeitsgerät übermittelt.

Echtzeit-Systeme

Echtzeit-Systeme werden auch als Online-Systeme bezeichnet. Während der Überfahrt werden Sensoren mitgeführt, die z. B. Parameter des Pflanzenbestandes erfassen, entsprechend den Vorgaben mit Hilfe von hinterlegten Algorithmen zu einer Applikationsmenge verrechnen und die notwendigen Einstellungen an das Arbeitsgerät übertragen.

Beispiele für derartige Systeme sind der N-Sensor der Firma Yara und der MiniVeg N-Lasersensor der Firma Fritzmeier Umwelttechnik. Beide Sensoren treffen über unterschiedliche biophysikalische Prinzipien direkt bei der Überfahrt Aussagen über den Versorgungsgrad des Pflanzenbestandes, errechnen basierend auf den Vorgaben des Landwirts eine Sollmenge z. B. für die Düngung und geben diese direkt an den angebauten Düngerstreuer weiter.

Echtzeitsysteme mit Kartenüberlagerung

Dieser Ansatz kombiniert die beiden vorherigen und kann beispielsweise durch einen „In-field Controller“ dargestellt werden [Ost07]. Dieser verfügt über die historischen Informationen und ist gleichzeitig an Sensoren angebunden, die aktuelle Information über den Pflanzenbestand liefern. Dieses System arbeitet regelbasiert und legt die notwendigen Applikationsmengen basierend auf hinterlegten Entscheidungsregeln fest, die in [Wei06] entwickelt wurden. Dabei werden historische und online gemessene Informationen gleichzeitig berücksichtigt.

2.1.4.1.3 Flottenmanagement

Mit zunehmender Komplexität, hohen Maschinenkosten und entsprechender Annäherung an die Kapazitätsgrenzen, gewinnen Einsatzsicherheit und damit die Einsatzplanung stark an Bedeutung. Für das Management sind dazu folgende Ansatzpunkte zu bedenken [Aue02c]:

- Disposition von Maschinen zur richtigen Zeit am richtigen Ort,
- kontinuierliche Kontrolle der Arbeitsleistungen,
- Reagieren auf Kapazitätsengpässe,
- Optimierung der Maschineneinstellung über Teleservice,
- Einleiten von notwendigen Reparatur- oder Servicemaßnahmen.

Interessant sind diese Möglichkeiten im Speziellen auch für Ernteketten, bei denen mehrere Maschinen gleichzeitig für die Durchführung eines Prozesses koordiniert werden müssen. Zentrale Forderung dabei ist die ständige Verfügbarkeit von aktuellen Einsatzdaten der Fahrzeuge. Die hier eingesetzten Methoden zeigen dabei bereits erste Möglichkeiten in Richtung der Feldroboter auf.

2.1.4.1.4 Feldrobotik

Die Feldrobotik spielt heute noch eine untergeordnete Rolle, ist aber eines der forcierten Forschungsgebiete. Der Übergang hin zur Feldrobotik wird als fließend eingeschätzt [Aue02c]: Die automatische Maschinenführung mit menschlicher Kontrolle auf der Maschine ist mit den heutigen automatischen Lenksystemen bereits Realität. Als nächster Schritt sind Kombinationen von bemannten und unbemannten Maschinen denkbar, so dass noch ein Mensch vor Ort die Überwachung der Maschinen übernehmen kann. Auch hier sind sich erste Lösungen unter dem Stichwort der „elektronischen Deichsel“ verfügbar [ZGNE10]. Schließlich werden unbemannte, automatisch geführte Maschinen die Ausführung der Arbeiten übernehmen. Erst dann, wenn der Mensch keinen Platz mehr auf dem Arbeitsgerät benötigt, kann das Gerät konsequent auf den Einsatzzweck optimiert werden. Sowohl die Einsatzplanung als auch Überwachung und Dokumentation stellen bei diesen Verfahren besondere Anforderungen an die Informationstechnik.

2.1.4.1.5 Dokumentation und Rückverfolgbarkeit

Gewissermaßen als Basis des Precision Farming ist die Dokumentation zu sehen (Abb. 5). Dokumentation umfasst dabei die Arbeitsschritte der Eingabe, Ablage, Abfrage und Ausgabe der Information [PJ07]. Diese Information ist für den landwirtschaftlichen Betrieb in zweierlei Hinsicht notwendig. Zum einen kommt Information eine Schutzfunktion zu, vor allem gegenüber dritten [Aue04]. Dies impliziert auch die Forderung nach definierten Schnittstellen zum Datenaustausch. Zum anderen benötigt der Landwirt diese Information als Grundlage für sein betriebliches Entscheiden und Handeln. Ausgehend vom Modell der Teilflächenwirtschaft ist dementsprechend eine hohe räumliche und zeitliche Auflösung der Information erforderlich. Die automatische Erfassung von Prozessdaten erlaubt eine zeitliche und örtliche Auflösung der Daten, die mit manuellen oder auch PDA-gestützten Systemen nicht möglich ist [RA04b]. Tabelle 1 zeigt einen Überblick über unterschiedliche Kategorien von Dokumentationssystemen, wobei für PF und die dafür notwendige Datenauflösung nur die letzten drei in Frage kommen. Zudem muss die Information aus der automatischen Erfassung mit zusätzlicher Information ergänzt werden, um die „trace-ability“ für landwirtschaftliche Produkte herzustellen [DERS02].

Tabelle 1: Kategorien von Dokumentationssystemen

<i>Dokumentationssystem</i>	<i>Innovationsschritt</i>	<i>gelöst</i>	<i>offen</i>
handschriftliche Aufzeichnung	lesen und schreiben	Individualität	Aufwand, Auswertungsmöglichkeiten
elektronische Schlagkartei	EDV	Datenhandling, Auswertung	Bindung an PC und Büro, Doppelerfassungen
Schlagkartei mit PDA	Mobilität	einmalige Dateneingabe, Nähe zur Entstehung der Daten	Datentransfer, Bedienbarkeit
Teilautomatisierte Erfassungssysteme	Automatisierung	Automatisierung der Erfassung	manuelle Zuordnung
Vollautomatisierte Erfassungssysteme	Intelligenz	Automatisierung der Zuordnung	Datenlücken bei nicht elektronisch erfassbaren Größen
Automatisches Dokumentationssystem	Integration	Schließen der Datenlücken, durchgängige Automatisierung	Schnittstellen

2.1.4.1.6 Weitere Anwendungsbereiche

On-Farm-Research

Die Techniken des Precision Farming erlauben es, in Praxisschlägen (On-Farm) Versuche anzulegen, die ohne gesonderte Maßnahmen und Betreuung direkt auf den Betrieb zugeschnittene Ergebnisse liefern. Allein durch die Vorgabe einer differenzierten Behandlung einer Teilfläche bei der Planung eines teilflächenspezifischen Auftrags kann ein Versuch angelegt werden. Durch die Nutzung der Teilschlagtechnik werden die Maßnahmen entsprechend den Vorgaben mit differenzierten Applikationsmengen ausgeführt, ohne dass das Bedienpersonal der Maschine dabei über die normale Arbeitsausführung hinausgehende versuchsspezifische Tätigkeiten auszuführen hat. Bei der Ernte dokumentiert die Ertrags Erfassung der Erntemaschine die Ertragsunterschiede. Durch eine angepasste Auswertung der Daten lassen sich so auch auf Praxisschlägen bestimmte Fragestellungen beantworten [LT06].

Gewannebewirtschaftung

Eine Sonderform der teilflächenspezifischen Bewirtschaftung stellt die Gewannebewirtschaftung dar. Die Bearbeitung der Flächen erfolgt über die Besitzgrenzen hinweg. Die Techniken des Precision Farming erlauben eine unkomplizierte Vergrößerung der Bewirtschaftungseinheiten ohne Veränderung der Besitzverhältnisse und dennoch eine besitzgetreue Abrechnung der durchgeführten Arbeiten. Dazu ist eine technische Infrastruktur notwendig, wie sie in ROTHMUND (2006) implementiert und getestet wurde [Rot06]. Ohne ein derartiges technisches Hilfsmittel wäre eine Gewannebewirtschaftung nicht realisierbar, da es nicht möglich ist, die notwendigen Informationen per Hand zu erfassen und detaillierte, eigentümerspezifische Abrechnungen zu erstellen.

Teleservice

Sind die Maschinen eines Betriebes mit PF-Technologien ausgerüstet, können durch Integration von Modulen für die drahtlose Übertragung von Daten, Maschinen aus der Ferne überwacht werden. In besonderem Maße entscheidend ist hier das standardisierte Kommunikationssystem auf der Maschine, das den Zugriff auf die unterschiedlichen Sensoren und Aktoren erlaubt. Werden diese Daten z. B. per Mobilfunk an einen Server gesendet, kann der Landwirt über eine Webseite den aktuellen Status seiner Maschinen vom Büro-PC aus abrufen oder in einer weiteren Ausbaustufe auch Vorgaben für Einstellungen vornehmen. Heute haben sich bereits herstellereigene Systeme für Diagnose und Fernwartung, vor allem bei Erntemaschinen und Traktoren, etabliert. Diese arbeiten jedoch in der Regel mit den proprietären Kommunikationssystemen der Maschine und sind so auch nur mit Anwendungen der Hersteller zu betreiben.

2.1.4.2 Hemmnisse

Auch wenn die Techniken des Precision Farming bereits seit mehr als zehn Jahren bekannt sind und zur Anwendung kommen, ist die Verbreitung dennoch hinter den Erwartungen zurückgeblieben [RJ08]. So wurde mit den neuen Technologien viel Information gesammelt, die Potenziale jedoch nicht genutzt [Kit08]. Deswegen ist es an dieser Stelle notwendig - ergänzend zu den allgemeinen Hemmnissen zur Nutzung der ICT in 2.1.2 - eine Betrachtung speziell für Precision Farming durchzuführen.

REICHARDT UND JÜRGENS (2008) haben die Hemmnisse der Verbreitung von PF-Techniken am Beispiel Deutschlands umfassend untersucht [RJ08]. Dabei stellte sich heraus, dass - ähnlich wie in Untersuchungen in den USA - über die Hälfte der Landwirte diese Technologien nicht kennt. Viele der informierten Landwirte zögern mit der Einführung von Precision Farming auf ihrem Betrieb aufgrund des Kostenaufwandes und fehlender eindeutiger Aussagen zur Wirtschaftlichkeit. Von entscheidender Bedeutung sind auch Hemmnisse im Bereich der Informationstechnik [RJ08]. Zum Teil fehlen die Kenntnisse im Bereich der EDV oder technisches Verständnis bezüglich des Einsatzes der Elektronik auf den Maschinen. Auch erfahrene Nutzer haben Probleme bei der Bewältigung der enormen Datenmenge und der effektiven Nutzung und Interpretation der Information. Dabei spielen vor allem Kompatibilitätsprobleme bei der Datenverarbeitung eine Rolle. Dies zeigt sich häufig durch den vergleichsweise hohen Einsatz erfassender Techniken (Prozessdatenerfassung, Ertragsdaten, Online-Sensoren) im Gegensatz zur geringen Verwendung der umsetzenden Techniken (teilflächenspezifische Applikation). Enorme Mengen an gesammelten Daten werden nicht ausgewertet und bleiben ungenutzt. Landwirte, die diese Herausforderung annehmen, schaffen sich zusätzliche Software an. Dies kann so weit gehen, dass bis zu vier unterschiedliche GIS-Programme eingesetzt werden, um den gewünschten Funktionsumfang realisieren zu können. Andere nutzen die Angebote von spezialisierten Dienstleistern zu Datenverarbeitung. Befragt nach den Wünschen für zukünftige Entwicklungen nen-

nen Landwirte vor allem eine verbesserte Kompatibilität, eine benutzerfreundliche Software mit einer besseren Übersicht über die Daten und Möglichkeiten zur Automatisierung von Arbeitsschritten, wie der Erstellung von Ertragskarten oder Applikationskarten.

Weitere Hinweise und Einzelaspekte im Bezug auf Hindernisse bei der Einführung von PF finden sich in diversen Literaturstellen, die unterschiedlichste Aspekte beleuchten:

- KITCHEN et al. (2002) identifizieren unterschiedliche Kategorien von Hemmnissen [KSF02]. Diese betreffen die Kosten der Einführung von PF-Techniken, ein fehlendes Angebot von Schulungen und Beratung sowie Probleme bei der Kontrolle der Datenqualität. Die Entwicklung neuer Techniken wird als notwendig erachtet. Allgemein wird das Fehlen einer „Betriebsanleitung“ für Precision Farming als hinderlich eingeschätzt.
- KLÖBLE UND HÜTER (2008) sehen einen wichtigen Ansatz zur Beseitigung dieser Hindernisse in der Ausbildung, da ein großer Teil von Hindernissen auf fehlendes Wissen und nicht vorhandene Fähigkeiten zurückzuführen ist [KH08].
- GRIFFIN et al. (2004) stellen die informationsintensive Vorgehensweise beim Precision Farming einem Vorgehen gegenüber, das mit dem Schlagwort „embodied knowledge“ charakterisiert wird [GLLPP04]. Sie gehen davon aus, dass beim Arbeiten in Dimensionen, bei denen das implizite Wissen des Betriebsleiters ausreichend ist, der Aufwand für das Datenmanagement vernachlässigt werden kann. Mit Zunahme der Informationsintensität wird der Mensch als begrenzender Faktor gesehen, da bei ihm alle Informationen zusammenlaufen und Entscheidungen getroffen werden müssen. Es wird festgestellt, dass trotz der Begrenzungen durch den Menschen in diesem Entscheidungsfindungsprozess eine große Skepsis gegenüber automatisierten Entscheidungsprozessen (closed-loop) herrscht.
- Einen Hinweis in eine ähnliche Richtung geben McBRATNEY et al. (2005) mit der Feststellung, dass aus dem Dunstkreis der PF-Techniken Spurführsysteme überaus erfolgreich eingesetzt werden, da sie die Zahl der Entscheidungen verringern und nicht neue Entscheidungsnotwendigkeiten schaffen [MWAB05].
- MURAKAMI et al. (2007) sehen den ausstehenden Nachweis ökonomischer und ökologischer Vorteile als Hauptproblem der Verbreitung von Precision Farming [MS-RCH07]. Zudem stellt die „Datenschwemme“ im Betriebsmanagement eine eigene Herausforderung dar. Mit der Feststellung, dass die Datenerfassung und auch die Teilflächentechnik funktionieren würden, wird der begrenzende Flaschenhals dazwischen lokalisiert. Ein Hinweis auf die speziellen Anforderungen an das Datenmanagements im PF.
- Als Flaschenhals für die erfolgreiche Anwendung von PF identifizieren SHRESTHA et al. (2003) die nicht ausreichende Sensortechnik, das Fehlen eines flexiblen Datenerfassungs- und -verarbeitungssystems auf dem Feld und mangelndes Wissen um das Verhältnis von Inputs zur Antwort der Pflanzen [SSW03].

- NASH et al. (2007) weisen darauf hin, dass PF das Sammeln, Speichern, Austauschen und Analysieren großer Mengen georeferenzierter Daten erfordert [NKB07]. Genauso ist für eine effektive Nutzung der Austausch zwischen unterschiedlicher Hardware, Software und auch zwischen Organisationen unabdingbar. Damit stellen Inkompatibilitäten eine große Hürde für PF dar. Dieses Problem erkennen auch KITCHEN et al. (2002) [KSFW02].
- Diese Defizite im Datenaustausch und der Datenorganisation betonen auch PAULSEN et al. (2005) [PSW05]. Sie sehen die aktuelle Entwicklung zwar nicht ganz am Anfang, aber „bestenfalls mittendrin“.
- HAAPALA et al. (2006) geben zu bedenken, dass die unterschiedlichen Probleme zusammen eigentlich unter dem Begriff der „Usability“ zusammengefasst werden könnten [HPN06]. Alle anderen Dinge hätten schon Fortschritte gemacht. Gleichzeitig wird aber klargestellt, dass Landwirte und Maschinenbediener in diesem Sinne „schwierige Anwender“ seien, da sie in der Regel weniger interessiert an komplexer Technik, sondern eher geschäftsorientiert sind.
- GELB UND VOET (2010) kamen in den in 2.1.2 betrachteten Untersuchungen bezüglich des Computereinsatzes zu dem Schluss, dass die Begrenzungen durch fehlende Fähigkeiten beim Landwirt keine große Rolle mehr spielen [GV09]. Die hier von KITCHEN et al. (2002) aufgeführten Defizite weisen darauf hin, dass sich die Nutzung von ICT im Precision Farming auf einem wesentlich höheren Niveau bewegt [KSFW02]. Damit sind auch die Herausforderungen konkreter und komplexer.
- Auch soziale und politische Rahmenbedingungen haben einen Einfluss auf den Verbreitungsgrad der Techniken. Wenn für den Einsatz bestimmter Techniken durch Auflagen oder Förderung Anreize geschaffen werden, so setzen sich diese eher durch [GLLPP04].

Viele der Hemmnisse haben ihren Hintergrund in der verwendeten und vorhandenen Hard- und Software. Deshalb ist es notwendig, die Rolle von Information und der Informationstechnologie im Precision Farming näher zu beleuchten.

2.1.4.3 "Information" im Precision Farming

Die tragende Rolle von Information für Precision Farming wird in unterschiedlichen Quellen betont:

- Das Informationsmanagement für PF ist ohne spezielle Software und die Nutzung der ICT nicht möglich [GK03].
- Precision Farming ist gekennzeichnet durch eine Daten getriebene und technikintensive Natur [MSRCH07].
- Die ICT ist das „Rückgrat“ von PA. Damit ist die Verbreitung hauptsächlich eine informationsbasierte Herausforderung [MS01].

- Precision Farming gilt als Wegbereiter der informationsgeleiteten Pflanzenproduktion [WDSS07].
- Mit Blick auf die Herausforderungen im Informationsmanagement wird PF als „Informationspuzzle“ bezeichnet [Rot04].
- Vor allem Erfassung und Auswertung sowie Übertragung von und zur Maschine werden als „erste“ Voraussetzung für teilflächenspezifische Bewirtschaftung gesehen [RA04a].
- Das Sammeln, Speichern, Austauschen und Analysieren großer Mengen georeferenzierter Daten ist Voraussetzung für PF [NKB07]. Zudem erfordert eine effektive Nutzung den Datenaustausch zwischen unterschiedlicher Hardware und Software, zwischen Organisation und Betrieben.
- PA wird als „system for increasing knowledge“ gesehen. Dabei können Information und die Nutzung elektronischer Ausrüstung nicht getrennt behandelt werden [KSF02].
- Precision Farming Konzepte beinhalten auch "automatisierte Datenerfassung und Informationsmanagement mit strukturierten Datenbanken, geografischen Informationssystemen (GIS), hoch entwickelten Entscheidungsunterstützungs- und Expertensystemen in integrierten Systemen verbunden mit standardisierten Kommunikationsverbindungen"⁶. „Anspruchsvolles Precision Farming integriert eine Reihe von computergestützten Tools. Sichere und zuverlässige Informationsübertragung zwischen all diesen Tools benötigt standardisierte Kommunikationsverbindungen, standardisierte Schnittstellen und leistungsfähige Software.“⁷ [AS99]

Information und folglich auch Gewinnung, Umgang und Nutzung derselben sind also wichtige Bestandteile dieses Bewirtschaftungskonzepts. Information ist Rohstoff und Ergebnis, Input und Output gleichermaßen.

Die ICT ist Schlüsseltechnologie für PF und damit für die zukünftige Landbewirtschaftung zu sehen. Die benötigten Daten sind in Auflösung und Variation nicht manuell erfassbar. Die erforderliche Datendichte und die sich dadurch ergebende Datenmenge sind manuell nicht beherrschbar und auch das Erkennen von Zusammenhängen nur mit den Fähigkeiten des menschlichen Gehirns ist ohne Hilfe der ICT nicht möglich. GPS und die standardisierte Kommunikation gelten als Schlüssel für die Prozesssteuerung [Aue00b].

Allerdings liegen auch gerade auf Seiten der ICT Gründe für die zögerliche Übernahme des Konzepts des Precision Farming in der Praxis.

Für die Ableitung von Strategien zum Umgang mit Information, ist es notwendig, Charakteristika der verwendeten Information und Anwendungsszenarien zu kennen. Aus der Litera-

6 a.a.O., S. 600.

7 a.a.O., S. 613.

tur ergeben sich hierzu keine allgemein gültigen Aussagen. Im Folgenden werden unterschiedliche Möglichkeiten der Systematisierung vorgestellt.

2.1.4.3.1 Quellen von Information

Für das Betriebsmanagement relevante Information kann aus internen und externen Quellen stammen. Entscheidend dabei ist, dass in der Regel für interne Daten auch Information zur Entstehung, Qualität und zum Datenformat vorliegt. Bei externer Information, wie z. B. über Wetter, Produkte oder Preise ist dies nicht immer gewährleistet. Oft werden unterschiedliche Datenformate verwendet. Es ist nicht sichergestellt, dass thematisch gleiche Information unterschiedlicher Anbieter vergleichbar ist. Weitere Unterschiede sind die Möglichkeiten der Einflussnahme bei der Erfassung sowie Verfügbarkeit und Nutzungsrechte.

WOLFERT et al. (2007) unterscheiden acht Typen von Information [WVB07]:

- historische Information (interne, externe Datenbanken),
- Information aus der Forschung,
- Information durch Beratung,
- Information aus dem Produktionsprozess (Monitoring, Sensorik),
- Information über Daten (Metainformation),
- Produktinformation von Verarbeitern,
- Verwaltungsdaten,
- allgemeine Informationen wie Wetter, Marktpreise.

Dabei sind die Grenzen zwischen den Kategorien fließend. So werden im Jahresverlauf erfasste Informationen aus dem Produktionsprozess zur nächsten Saison zu wertvollen historischen Informationen. Zudem sind nicht alle Informationen auch als Daten verfügbar, sondern finden Eingang in Funktionen und Algorithmen und sind auf diese Weise nutzbar (z. B. Information aus der Forschung). Als ein weiterer, schwierig greifbarer Informationstyp können Beobachtungen und Erfahrungen des Betriebsleiters gewertet werden, die einen großen Einfluss auf die Produktionsprozesse haben, aber keiner der Gruppen direkt zuzuordnen sind. KITCHEN et al. (2002) halten die Erfahrungen des Betriebsleiters gepaart mit dem Wissen über die eigenen Arbeitsabläufe für das wichtigste Mittel zur Entwicklung passender PF-Strategien [KSF02].

Grundsätzlich ist es nur möglich, digital verfügbare Information in einem Informationsmanagementsystem zu integrieren. Allerdings würde eine gute Anpassungsfähigkeit des Systems an unterschiedliche Abläufe dem Betriebsleiter erlauben, sein eigenes, nicht digital verfügbares Wissen einzubringen und zum Vorteil des Betriebes zu nutzen. Zudem sollten die Möglichkeiten genutzt werden, um einen möglichst hohen Anteil der Information digital verfügbar zu machen.

Expertenwissen kann über die Einbindung von Algorithmen erfolgen. Auch hier sollte auf eine hohe Anpassungsfähigkeit des Systems geachtet werden, um neue Erkenntnisse zeit-

nah integrieren zu können. Die unterschiedlichen Quellen und Formen der verfügbaren und benötigten Information gilt es zu berücksichtigen.

2.1.4.3.2 Informationsnutzung

Eine Gemeinsamkeit jeder Art von Informationsnutzung ist die Ausrichtung auf ein bestimmtes Ziel. Auf der Ebene landwirtschaftlicher Betriebe gilt es verschiedene Zielsetzungen zu unterscheiden [PJ07]:

- Planungsgrundlage,
- pflanzenbauliche Optimierung,
- betriebswirtschaftliche Optimierung,
- Qualitätssicherung,
- Arbeitsnachweis,
- Berechnungsgrundlage für Preise,
- Dokumentation für die Vermarktung,
- Reduzieren von Haftungsrisiken,
- Nachweis Gute Fachliche Praxis,
- Teilnahme an Förderprogrammen,
- Einhaltung von Verordnungen,
- Warenwirtschaft,
- Kundenbindung,
- Marktforschung.

Durch diese unterschiedlichen Ziele der Nutzung von Information wird deutlich, in welchem Maße sich auch die Aufbereitung der Information für die verschiedenen Anwendungsfälle unterscheiden muss. Es handelt sich dabei um unterschiedliche Ausprägungen der räumlichen Auflösung, der Betriebszweige, der Managementbereiche und vor allem der relevanten Zeiträume. Während z. B. die Bewertung eines Betriebszweiges über einen Zeitraum von mehreren Jahren aggregierte Jahreswerte benötigt, sind beispielsweise für die Optimierung des Einsatzes einer Maschine detaillierte Werte über einen frei definierbaren Zeitraum notwendig. Als besondere Herausforderung, die die Unterschiede auf einzelbetrieblicher Ebene verdeutlicht, ist die Planung teilflächenspezifischer Maßnahmen zu sehen. Diese benötigt hoch aufgelöste, historische Information unterschiedlicher Art und hoch entwickelte Berechnungsmethoden. Ein Betrieb mit einer weniger informationsintensiven Wirtschaftsweise benötigt dazu eventuell nur einige Zahlen der Beratung und sein implizites Wissen, um beispielsweise die N-Düngermenge für eine Fruchtart auf mehreren Schlägen festzulegen. Ein EDV-System muss beide Arten der Betriebsführung unterstützen, wenn gleich die des Precision Farming eine wesentlich größere Herausforderung darstellt.

Neben der digitalen Form liegt Information in der Regel in verschiedenen anderen Formen vor. Oft ist dies Text, wie in Fachzeitschriften. Eine für die menschlichen Sinne greifbarere

Präsentation sind Graphiken und Tabellen. Für Zusammenhänge existieren häufig Formeln. Die Erfahrung des Menschen stellt ebenfalls verfügbare Information dar.

Sollen diese Informationen mit Hilfe der Informationstechnologie genutzt werden, kommt der Verwendung von Mensch-Maschinen-Schnittstellen eine enorme Bedeutung zu. Jede Information, die nicht über Sensoren erfassbar ist, sondern nur mit den menschlichen Sinnen, muss über eine entsprechende Schnittstelle eingegeben werden. Mit Technik greifbare Information muss so weit wie möglich automatisiert erfasst und gespeichert werden. Zudem müssen geeignete Wege gefunden werden, die in der Datenverarbeitung ablaufenden Prozesse für den Menschen so aufzubereiten und darzustellen, dass er seine Kontrollfunktion ausüben und steuernd eingreifen kann. Dabei sind die unterschiedlichen Zielsetzungen der Informationsnutzung wegweisend.

2.1.4.3.3 Informationsflüsse

Zwischen einer Informationsquelle und der Nutzung steht in irgendeiner Weise ein Informationsfluss. Dieser variiert je nach Anwendungsfall und Vorgehensweise des Betriebsleiters. Aus Sicht der Teilflächentechnik beschreibt AUERNHAMMER (2000) [Aue00a] „durchgängige Informationsströme von der automatisierten Datenerfassung über die Analyse und Entscheidung hin zur Umsetzung über geeignete Aktorik und einer ständigen und abschließenden Beurteilung und Bewertung“⁸ als Informationskreislauf, dessen Realisierung erst durch den Einsatz der Elektronik in der Landwirtschaft möglich wird (Abb. 7).

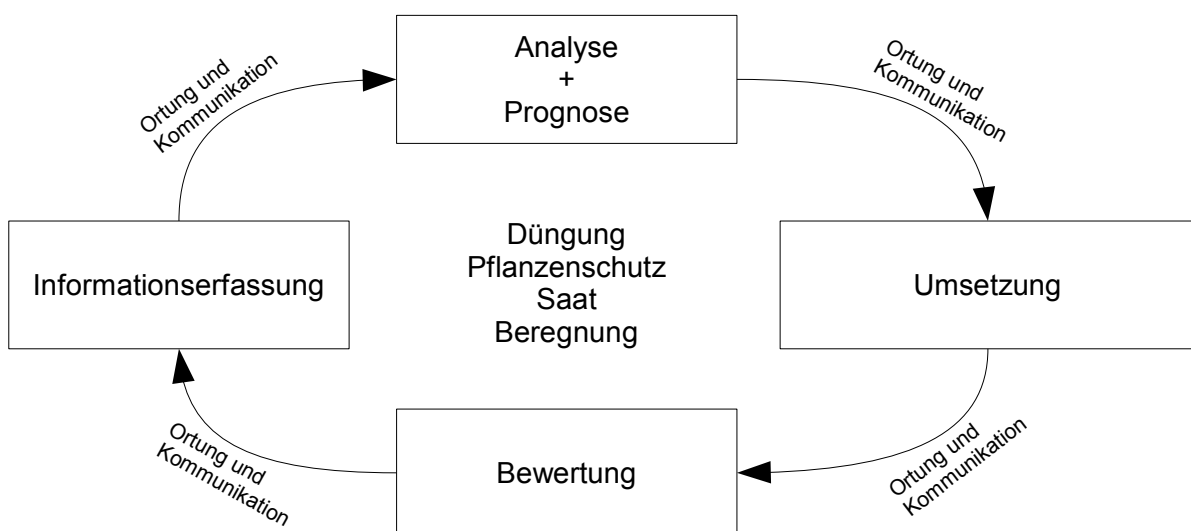


Abbildung 7: Informationskreislauf in der Teilflächentechnik [Aue00a]

Eine integrierte und detailreiche Sicht auf die Informationsflüsse in den unterschiedlichen Bereichen des betrieblichen Informationsmanagements bietet [Aue04]. Dabei werden die unterschiedlichen Anforderungen gerade im Bezug auf die Bedürfnisse der Gesellschaft

⁸ a.a.O., S. 51.

und von Verbrauchern herausgestellt. Am Beispiel der Rückverfolgbarkeit ist der Informationsfluss in Abbildung 8 dargestellt.

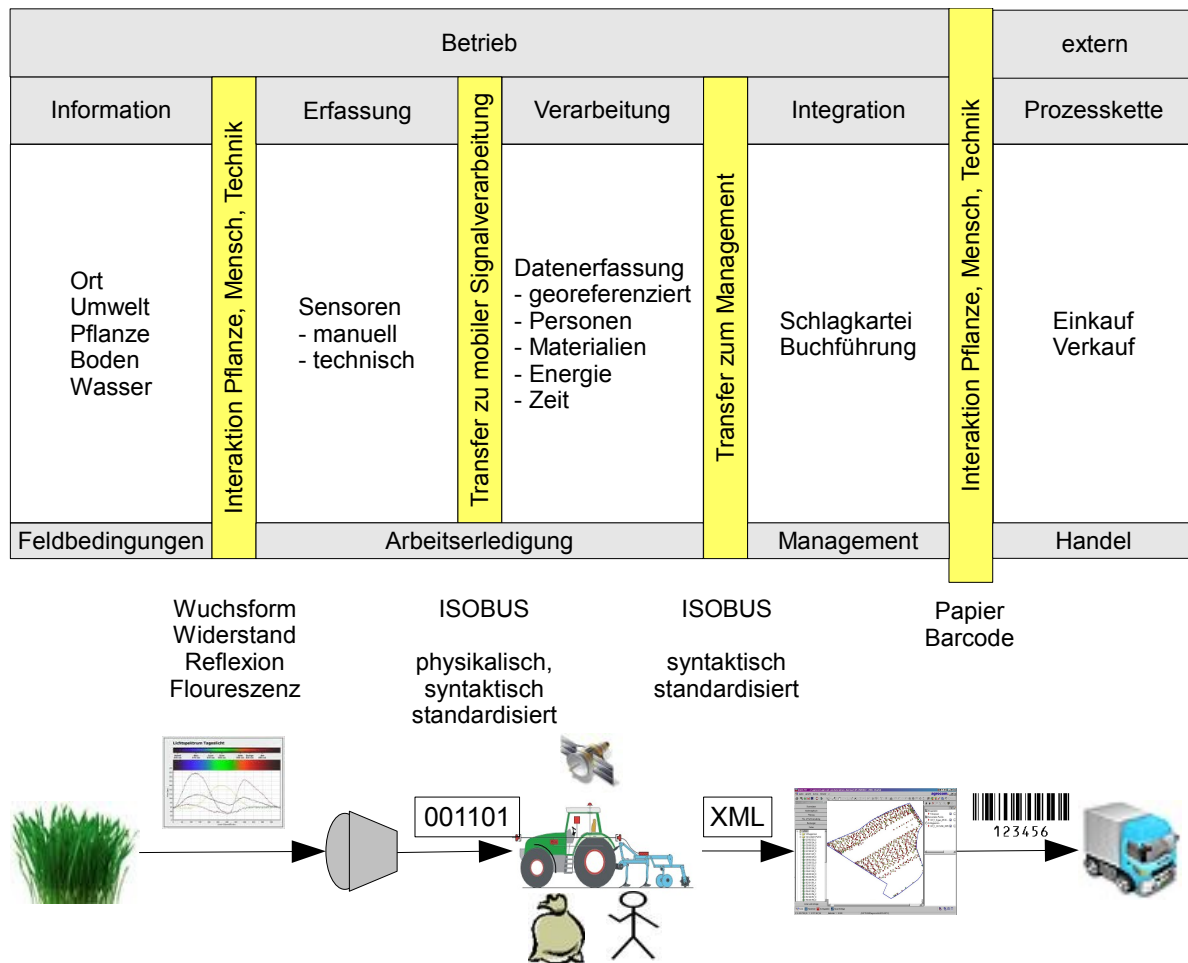


Abbildung 8: Informationsfluss am Beispiel der Rückverfolgbarkeit (nach [Aue02c])

Dabei werden die Bereiche der Feldbedingungen, der Arbeitserledigung in Form von pflanzenbaulichen Maßnahmen, des Betriebsmanagements und des Handels unterschieden. Den Umgang mit Information betreffend werden die Aufgaben der Aufzeichnung, Verarbeitung und Integration in das Betriebsmanagement und die nachgelagerte Prozesskette unterschieden. Besonders hervorzuheben gilt es die Notwendigkeit von Schnittstellen beim Übergang von Information in einen anderen Bereich. Für den ersten Bereich bilden diese Schnittstelle physikalische und chemische Prinzipien, über die Sensoren in der Lage sind, Informationen über die geographische Lage, den Pflanzenbestand, den Boden etc. abzuleiten und diese Beobachtungen in digital verarbeitbare Signale zu übersetzen. Für eine erste Verarbeitung der Information ist es notwendig, die Datenerfassung der unterschiedlichen, an der Ausführung der Maßnahme beteiligten Einheiten zusammenzuführen. Dies kann über ein ISOBUS-Netzwerk geschehen, über das die verschiedenen Systeme verbunden sind. Die Norm [ISO11783] bildet dabei in verschiedenen Teilen sowohl den physi-

kalischen als auch den syntaktischen Standard. Die verschiedenen Informationen können dann von einem im Netzwerk integrierten Datenerfassungsgerät aufgezeichnet werden. Teil 10 und 11 [ISO11783-10], [ISO11783-11] des ISOBUS-Standards definieren diesen Datalogger (Task Controller - TC), sowie ein Datenformat und die möglichen Prozessgrößen. Für die Weitergabe der Information an externe Anspruchsgruppen wie den Handel werden verschiedene Möglichkeiten benannt, aber auch auf fehlende bzw. konkurrierende Standards hingewiesen.

Auf unterschiedlichen Managementebenen sind unterschiedliche Informationen mit verschiedenen Aggregationsniveaus vorhanden und müssen verwaltet und kontrolliert werden. Beim Übergang von Information zwischen den verschiedenen Bereichen kommt Schnittstellen eine tragende Rolle zu. Mit den Besonderheiten der Schnittstellen für die Datenübertragung beschäftigt sich 2.1.4.3.4.

Konkretisieren lassen sich diese Aussagen durch ein Beispiel. An diesem soll der Informationsfluss bei einer sensorgestützten Düngung bis hin zum Handel dargestellt werden. Ein Sensor erfasst Pflanzenparameter, wie z. B. die Reflexion von Licht in verschiedenen Wellenlängenbereichen. Hier findet der erste Übergang von Information mit einer Schnittstelle in Form eines biophysikalischen Prinzips statt. Zusätzlich wird die Position des Arbeitsspannes erfasst. Die unterschiedlichen Informationen werden innerhalb des ISOBUS-Netzwerkes zusammengeführt. Zusätzliche Information in Form von Ober- und Untergrenzen für die Düngermenge werden vom Bedienpersonal eingebracht. Die Informationen werden verarbeitet und entsprechend den hinterlegten Definitionen eine Applikationsmenge an den Düngerstreuer weitergegeben. Ein Datenerfassungsgerät zeichnet die vorhandenen Informationen georeferenziert auf. Damit ist die Dokumentation der Maßnahme sichergestellt und die Nachvollziehbarkeit eines manuell nicht dokumentierbaren Vorgangs gegeben. Um diese Information im Betriebsmanagement nutzen zu können und ihre langfristige Verfügbarkeit zu sichern, ist es notwendig, diese in das Informationsmanagementsystem des Landwirts zu integrieren. Die Übertragung dorthin geschieht über eine weitere Schnittstelle. Die Integration erfolgt je nach System durch die Zuordnung zu vorhandenen Informationseinheiten wie Schlag, Erntejahr oder Maßnahme. Damit ist die Information über diese Düngemaßnahme als historische Information verfügbar und kann als Grundlage für weitere Berechnungen, aber auch zum Nachweis der Einhaltung von Produktionsvorgaben genutzt werden. Für die Weitergabe an den Abnehmer stehen, wie in Abbildung 8 ersichtlich, Formulare in Papierform oder Barcodes zur Verfügung.

Es gibt unterschiedliche Modelle und Vorgehensweisen. Dabei werden Daten unterschiedlicher Herkunft auf verschiedene Weise verarbeitet und für die Entscheidungsfindung genutzt. Ein allgemeines, auf konkreten Daten basierendes Vorgehensmodell scheint aufgrund der stark variierenden einzelbetrieblichen Gegebenheiten nicht realisierbar. Dieser

geforderten Flexibilität haben Systeme für das Informationsmanagement Rechnung zu tragen.

Als Gemeinsamkeit kann aber das Gerüst für diesen Datenfluss gesehen werden. Den Kristallisationspunkt bildet dabei das betriebliche Management, wo die unterschiedlichen Informationen zusammenlaufen und in die Entscheidungsfindung integriert werden. Diesem vorgeschaltet sind Systeme zur Datenerfassung und -bereitstellung. Geeignete Mechanismen zur Datenübertragung müssen den Transfer der Daten aus den Vorsystemen zum Betriebsmanagement, genauso wie von dort zur nachgelagerten Kette gewährleisten.

2.1.4.3.4 Informationsübertragung

Informationsintensiver Pflanzenbau nutzt Information unterschiedlichster Herkünfte und Zielsetzungen. Es entstehen für jeden Betrieb individuelle Informationsflüsse. Dadurch ist allen die Notwendigkeit zur Übertragung der Information gemein. Die Probleme dabei wurden unter dem Aspekt der Inkompatibilität als ein zentrales Hemmnis für PF identifiziert (2.1.4.2). Die Nutzung von Standards für die Informationsübertragung ist deshalb eine Voraussetzung, um unterschiedlichste Technologie und Information unter einzelbetrieblichen Bedingungen in einem offenen System zusammenzubringen und so die Potenziale des PF auch nutzen zu können [AS06]. Die fehlende Standardisierung wurde auch in [WVB07] als Haupthindernis zu besserer Integration identifiziert. Dies gilt allerdings auch über die Grenzen der landwirtschaftlichen Anwendungen hinaus. So ist es nicht verwunderlich, dass der Anteil des für Unternehmen programmierten Codes für den Austausch von Daten zwischen IT-Systemen auf ca. 70 % geschätzt wird [Ban04].

Für das Agribusiness gibt es Standardisierungsbemühungen für unterschiedliche Bereiche. In einigen Fällen ist bereits das Niveau eines internationalen Standards erreicht. Zum Teil existieren auch unterschiedliche nationale Ansätze, die letztlich konkurrieren und in einen internationalen Standard überführt werden sollten. Für andere Bereiche existieren nur Vorschläge aus Forschungsprojekten oder herstellereigene Formate. Unterschiede bestehen vor allem auch in der Tiefe der Standardisierung. Im Folgenden wird ein Überblick über die relevanten Ansätze gegeben:

[ISO11783] „Tractors and machinery for agriculture and forestry - Serial control and communication data network“ regelt primär die Kommunikation zwischen Traktor und Anbaugeräten. Dabei werden in unterschiedlichen Teilen des Standards nicht nur die Protokolle, sondern auch ein Virtual Terminal, Steckverbindungen usw. normiert. In [ISO11783-10] wird die Übertragung der Daten von der mobilen Arbeitsmaschinen (Mobile Implement Control System - MICS) zur Managementsoftware (Farm Management Information System - FMIS) definiert. Dabei ist nur das Datenformat Bestandteil der Norm, nicht aber der Weg für die Datenübertragung. In [ISO11783-11] werden in einem Data Dictionary für die Datenübertragung notwendige Größen definiert.

[ISO17532] stellt unter der Bezeichnung „Stationary equipment for agriculture - Data communications network for livestock farming“ den entsprechenden Bereich für die Innenwirtschaft dar. Der Datenaustausch zwischen den Systemkomponenten erfolgt über den Ethernet-Standard. Ergänzend dazu beschreibt [ISO11787] eine Agricultural Data Interchange Syntax (ADIS). Hier wird ein Datenaustauschformat für die Kommunikation zwischen Prozesscomputern auf dem Betrieb sowie stationären und mobilen Einheiten definiert. Mit der aktuellen Fassung von 2007 wurde das Datenformat um ein XML basiertes Format ergänzt. Die Data Dictionaries aus [ISO11788-1] und den Erweiterungen für Rinder- und Schweinehaltung beschreiben die möglichen Entitäten für die Datenübertragung. Häufig wird im Zusammenhang mit diesem BUS für die Innenwirtschaft auch von einem Farm-BUS gesprochen. Zusammengefasst und koordiniert werden die Bemühungen um den Standardisierungsprozess unter dem Stichwort ISOagriNET (www.isoagrinet.org).

Speziell für den Datenaustausch über Betriebsgrenzen hinweg, vor allem entlang der Wertschöpfungskette, ist die nationale Initiative agroXML (www.agroXML.org) entstanden [DK04]. Hier wird nur ein Format für den Datenaustausch, nicht aber die Mechanismen dazu definiert. Solche wurden zwar getestet, sind aber bisher nicht Bestandteil des Standards. Über eine XML-Schemadefinition werden so genannte „Core Components“ und „Aggregate Components“ definiert, die dann für den jeweiligen Anwendungsfall zu einem Austauschdokument zusammengestellt werden. Die Definition eines einzelnen, allumfassenden Schemas hat sich als zu unübersichtlich herausgestellt. Anhand unterschiedlicher Projekte werden die Definitionen ständig weiterentwickelt. So auch für Geodaten, für den Bereich Precision Farming ([NKBD07], [NKB07]), die Dokumentation von Maßnahmen im Pflanzenbau ([MSK06], [SRMSM07]), die Verwaltung und für die Rückverfolgbarkeit von Lebensmitteln tierischer Herkunft [HGRJ07]. Aufgrund des umfassenden Ansatzes existieren auch Überschneidungen mit den Standards von ISOBUS und IsoAgriNet.

Auch in anderen Ländern gibt es Bestrebungen den Datenaustausch zu standardisieren:

- AgXML (www.agxml.org) ist ein Zusammenschluss hauptsächlich Getreide verarbeitender Betriebe aus den USA, die versuchen durch ein gemeinsames Datenformat den Informationsaustausch effektiver zu gestalten.
- AgroEDI (www.agroedieurope.fr) in Frankreich entwickelt unter dem Projektnamen DAPLOS einen Standard auf Basis von UN/EDIFACT, einer standardisierten Datenaustauschsprache der Vereinten Nationen.
- EDI-Teelt ist eine Initiative aus den Niederlanden. Unter dem Name EDI-Teelt+ werden zusätzlich zum Datenformat auch Mechanismen für den Datenaustausch beleuchtet [WVB07].
- PAML ist ein Ansatz aus Südamerika, in dem versucht wird, die speziellen Anforderungen von Precision Farming für ein Datenformat zu berücksichtigen [MSRCH07].

Die unterschiedlichen Normungsgremien sind zwar um gegenseitige Abstimmung bemüht, dies hat aber bisher nicht zu einer Harmonisierung der Standards geführt. Während also die Kommunikation von Prozesscomputern sowie Maschinen und Geräten in der Außen- und Innenwirtschaft bereits den Stand einer Internationalen Norm erreicht hat und auch bereits Anwendungen verfügbar sind, konkurrieren im Bereich der Informationsübertragung über die Betriebsgrenzen hinweg verschiedene Initiativen, speziell entlang der Wertschöpfungskette. Das Problem der vielen, unterschiedlichen, herstellerspezifischen Formate reduziert sich nun auf die unterschiedlichen Normungsgremien, in denen unter anderem auch die Softwarehersteller organisiert sind.

2.2 Stand und Entwicklungstendenzen der Informations- und Kommunikationstechnologie (ICT) in anderen Wirtschaftsbereichen

Im vorhergehenden Kapitel wurden mit dem Stand der ICT im Pflanzenbau Potenziale und Problembereiche aufgezeigt. Um auch Lösungsansätze für die herausgearbeiteten Probleme, Lücken und Defizite zu identifizieren, ist es notwendig, Entwicklungen und Trends der ICT in anderen Wirtschaftsbereichen zu beleuchten. Dabei gilt es geeignete Strategien zu erkennen und für potentielle Lösungsansätze Nutzbarkeit und Potenziale für landwirtschaftliche Anwendungen einzuschätzen.

2.2.1 Unternehmenssoftware

Bei der Suche nach Strategien und Methoden für das Informationsmanagement in der Landwirtschaft scheint es sinnvoll, Softwaresysteme in der Industrie zu betrachten, um Einsatzmöglichkeiten von Software oder Technologien abzuwägen. Auch die Entwicklungen im landwirtschaftlichen Sektor führen zu zunehmend komplexem Betriebsmanagement und damit verbunden der Herausforderung integrierte Softwarelösungen zu entwickeln, wie es industrielle Software für den Bereich des Enterprise Resource Planning ist [APV06]. Diese wurden in der Industrie entwickelt, um Einzelapplikationen zusammenzuführen und die Koordination aller Unternehmensaufgaben zu vereinfachen. In der Landwirtschaft hat die fehlende Integration bisher zur Entwicklung so vieler Softwaretools geführt, wie es Managementmethoden gibt [AVPBD05].

Unternehmenssoftware kann nach [Wik08a] in sieben verschiedene Bereiche eingeteilt werden:

- 1 Materialwirtschaft
- 2 Personalwirtschaft
- 3 Finanz- und Betriebswirtschaft
- 4 Absatzwirtschaft
- 5 Produktionsplanung und -steuerung
- 6 Logistik- und Supplychainmanagement
- 7 Enterprise Resource Planning

Diese Einteilung gilt grundsätzlich auch für landwirtschaftliche Betriebe, wenn auch die Ausprägung der einzelnen Bereiche variiert. Dabei sind die Übergänge fließend oder Bereiche haben erhebliche Schnittmengen. Während derartige Software anfangs jeweils speziell für ein Unternehmen entwickelt wurde, haben sich heute unterschiedliche Strategien herausgebildet. Viele, vor allem sehr spezialisierte Unternehmen, nutzen nach wie vor eigens entwickelte Software. Große Unternehmen greifen häufig auf die Lösungen global operierender Softwareunternehmen wie SAP, Microsoft oder Oracle zurück. Dabei wird aus einem Pool von Softwaremodulen und -funktionen in umfangreichen IT-Projekten eine individuell auf das Unternehmen zugeschnittene Lösung konfiguriert. Diese Hersteller haben auch den Mittelstand für sich entdeckt [APV06] und bieten vorkonfigurierte, zum Teil branchenspezifische Lösungen an.

In Unternehmen in der Agrar- und Ernährungswirtschaft – auch mittelständischen – werden solche Lösungen bereits erfolgreich eingesetzt [APV06] oder werden als Chance für die Zukunft gesehen [Cla03]. Für landwirtschaftliche Betriebe werden solche Lösungsansätze derzeit nicht als geeignet eingestuft. Dies lässt sich zum einen durch die Kosten begründen. Bereits der Einstieg ist mit ca. 30.000 € (SAP Business One) zu beziffern [Cla03], während landwirtschaftliche Spezialsoftware je nach Funktionalität hier in Kategorien zwischen 300 € und 4000 € liegt. Zum anderen müssten die branchenspezifischen Module, wie Schlagkartei etc., noch programmiert werden, was noch einmal zu erheblichen zusätzlichen Einführungskosten führen würde. Der Unterschied zwischen Industrie und Landwirtschaft ist hier zum einen in der Ausgestaltung der Prozesse und zum anderen in den Größenstrukturen zu sehen. Es wäre zwar auch für Landwirtschaftsunternehmen wünschenswert, die Software individuell an die betrieblichen Gegebenheiten anzupassen, finanziell und personell scheint dies allerdings nicht realistisch.

Dazu haben ABT et al. (2006) Unternehmenssoftware mit einer landwirtschaftlichen Software verglichen, um auch für landwirtschaftliche Betriebe interessante Funktionen zu identifizieren und deren aktuellen Stand in landwirtschaftlicher Software festzustellen [APV06]. Als Beispiel für eine Enterprise Resource Planning Software wurden dabei mySAP ERP aus dem Hause SAP (www.sap.com) und für den landwirtschaftlichen Bereich ein entsprechendes Programm des französischen Agrarsoftwarehauses ISAGRI (www.isagri.fr) ausgewählt. Dabei werden die einzelnen Module der ERP-Software als Maßstab verwendet, um den Funktionsumfang der landwirtschaftlichen Software einzuschätzen. In den Bereichen Finanzen, Beschaffung und Produktionsmanagement werden dabei die angebotenen Funktionen als ausreichend angesehen. Interessante Entwicklungsmöglichkeiten bieten dagegen die Bereiche Produktionsplanung, Prozessintegration und Performancemanagement. Einer direkten Nutzung der Unternehmenssoftware in der Landwirtschaft werden dabei keine Chancen eingeräumt. Allerdings könnte eine effizientere Gestaltung landwirtschaftlicher Software erreicht werden, indem für die Ausgestaltung des Funktionsumfangs die Software

global operierender Unternehmen schon bei der Entwicklung als Maßstab herangezogen wird.

Um geeignete Methoden für diesen Entwicklungsprozess zu finden, haben ABT et. al (2005) unterschiedliche Methoden zur Unternehmensmodellierung (Enterprise Modelling) im landwirtschaftlichen Kontext getestet [AVPBD05]. Dieses Vorgehen erlaubt eine interessante Sicht auf den Betrieb und die Rolle von Information von verschiedenen Standpunkten aus. So lassen sich unterschiedliche Informationstypen wie Pläne, Steuerungsgrößen und Indikatoren besser unterscheiden, wodurch Rückschlüsse auf die Informationsanforderungen und Softwaredefinition möglich sind. Allerdings lässt sich die Saisonalität landwirtschaftlicher Arbeiten häufig nur eingeschränkt abbilden.

Auch für industrielle Unternehmenssoftware ist die Anpassungsfähigkeit eine der größten Herausforderungen. Große monolithische Applikationen weichen zugunsten neuer Systemansätze, die den betrieblichen Abläufen entsprechend angepasst werden können. Bei der Umsetzung spielt das Konzept der „Service Orientierten Architektur“ (SOA) eine immer größere Rolle.

2.2.2 Service Orientierte Architektur (SOA)

Die Service Orientierte Architektur ist ein viel versprechendes Softwarekonzept. Es hat zu einem Hype in der Softwarebranche geführt. Allerdings wird der Begriff der SOA von Marketingabteilungen nahezu inflationär verwendet und als Lösung für alle Belange angeboten. Grundsätzlich ist jedoch dieses Konzept nicht neu. Auch wenn es heute in der Regel mit Webservices umgesetzt wird [OASIS06], so waren schon vor einigen Jahren Techniken vorhanden und in der Anwendung, die eine Implementierung entsprechend der Idee der SOA zuließen. SOA kann als Nachfolger der Enterprise Application Integration (EAI) verstanden werden [Wik08b], die einen ersten Ansatz der Integration der unterschiedlichen Geschäftsfunktionen innerhalb von Unternehmen darstellte. Eine allgemein gültige und anerkannte Definition des Begriffs der „Service Orientierten Architektur“ ist nicht verfügbar [BKM07], [Wik08c]. Der Begriff der SOA wurde 1996 als erstes von dem Marktforschungsunternehmen Gartner genutzt [SN96]. Häufig wird aber die folgende Definition der OASIS (Organization for Advancement of Structured Information Standards) verwendet: „SOA ist ein Paradigma für die Strukturierung und Nutzung verteilter Funktionalität, die von unterschiedlichen Besitzern verantwortet wird.“⁹ [OASIS06]. Ein Kernpunkt dabei ist, dass Ressourcen (Funktionen) verwendet werden können, ohne alle Details zu kennen. Services sind dabei die Mechanismen, die Bedürfnisse und Fähigkeiten zusammenbringen. Die Gemeinsamkeiten der unterschiedlichen Definitionen fassen BIANCO et al. (2007) als „Dienste“ zusammen, wobei es nicht zwingend notwendig ist, dass immer alle Eigenschaften erfüllt werden [BKM07]:

- Ein Dienst ist in sich abgeschlossen und kann eigenständig genutzt werden.

9 a.a.O., S 8.

- Ein Dienst ist über ein Netzwerk verfügbar.
- Ein Dienst verfügt über eine veröffentlichte Schnittstelle. Die Details der Implementierung müssen dem Nutzer nicht bekannt sein.
- Ein Dienst ist plattformunabhängig.
- Ein Dienst ist in einem Verzeichnis registriert.
- Ein Dienst ist dynamisch gebunden.

Zusätzliche Aspekte finden sich in der Definition bei ERL (2005) [Erl05]: „SOA bedeutet, dass die Logik der Geschäftsprozesse in Dienste gekapselt wird. Diese Dienste zeichnen sich durch folgende Eigenschaften aus: Sie sind (1) in sich abgeschlossen; (2) eigenständig nutzbar; (3) über ein Netz verfügbar; (4) lose gekoppelt; (5) flexibel miteinander kombinierbar, (6) in der Lage miteinander zu kommunizieren; (7) orchestrierbar und (8) plattformunabhängig.“¹⁰

Technisch ist das Konzept der Service Orientierte Architektur ein weiterer Schritt in der Reihe der Methoden im Software- und Applikationsdesign. Sie wird als der nächste logische Schritt nach dem Paradigma der objektorientierten Programmierung und dem komponentenbasierten Softwareentwurf gesehen [DJMZ05].

Bei der objektorientierten Programmierung stand das Objekt im Vordergrund, das durch die Programmstrukturen in Eigenschaften und Verhalten (Daten und Methoden) abgebildet werden sollte. Diese Objekte sollten wiederverwendbar sein. Diese Wiederverwendbarkeit steht auch im Vordergrund beim komponentenbasierten Softwareentwurf, bei dem Gruppen von Objekten zu Komponenten zusammengestellt werden. Bei der Service Orientierten Architektur werden in sich abgeschlossene Funktionen in Form von wiederverwendbaren Services gekapselt und an einer definierten Schnittstelle zur Verfügung gestellt. Die auszuführende Aufgabe steht im Mittelpunkt.

Als mögliche Techniken zur Umsetzung einer SOA kommen mehrere Möglichkeiten in Betracht. Die bekanntesten sind Representational State Transfer (REST) [Fie00], Message Queueing, Remote Procedure Call (RPC) mit Common Object Request Broker Architecture (CORBA) oder Distributed Component Object Model (DCOM) und Webservices. Vor allem letztere haben der SOA zum Durchbruch verholfen. Sie werden bei den meisten Implementierungen eingesetzt [OASIS06]. Der Hauptvorteil von Webservices gegenüber den oben genannten Methoden wird in der losen Kopplung von Anwendungskomponenten gesehen. Zur Entwicklung der Anwendung muss also der später angesprochene Service nicht vorliegen. Allerdings müssen die Zugriffsmethoden (Funktionsaufrufe) bekannt sein. Dabei gibt es auch bei Webservices unterschiedliche Methoden der Umsetzung und damit Variationen der eingesetzten Komponenten. Ein häufig gewählter Ansatz ist das SOAP-Konzept (Simple Object Access Protocol), das besonders wegen der Möglichkeit zur dynamischen Kopplung bevorzugt wird. Damit kann eine Anwendung theoretisch in die Lage versetzt werden

¹⁰ a.a.O., S 13.

sich für eine Aufgabe selbst einen passenden Service zu suchen und diesen anzusprechen. Das bedeutet, dass bei der Entwicklung lediglich die Schnittstellen zu den Diensten festgelegt werden. Die endgültige Entscheidung, welcher Dienst dann angesprochen wird, wird erst im Betrieb getroffen. Allerdings wird aber auch die statische Kopplung bei vielen Anwendungen als ausreichend gesehen [ZTP03].

Auch für die Anwendung im Bereich der Landwirtschaft wurden Webservices bereits vorgeschlagen:

- SPILKE UND ZÜRNSTEIN (2005) beschreiben dabei vor allem die Nutzungsmöglichkeiten über Unternehmensgrenzen hinweg [SZ05]. Durch die Implementierung eines Anwendungsfalles zur Bestellung und Lieferung von Futtermitteln werden der Aufbau der Software, die dazu notwendigen Komponenten und die Möglichkeiten eines derartigen Systems aufgezeigt. Dabei werden vor allem der Möglichkeit, mit speziellen Sprachen Workflows zu definieren, Chancen eingeräumt, die Komplexität vieler Anwendungen zu bewältigen.
- WOLFERT et al. (2007) sehen hingegen die SOA als das erfolgversprechendste Konzept zur Realisierung eines integrierten Softwaresystems für die Unterstützung des Betriebsmanagements [WVB07]. Sie kann eine gemeinsame Infrastruktur wie eine Art „Kleber“ darstellen, um Komponenten und Informationsflüsse zu arbeitsfähigen Informationssystemen zu vereinigen. Die Möglichkeit, alle Daten in ein großes Data Warehouse zu integrieren, wird im Gegensatz dazu, aufgrund der unterschiedlichen Daten und der damit verbundenen unterschiedlichen Nutzungsrechte und Veröffentlichungsstrategien, als ungeeignet eingestuft.
- Schließlich schlagen MURAKAMI et al. (2007) eine auf SOA und Webservices basierende Referenzarchitektur für Informationssysteme im Precision Farming vor [MSRCH07]. Der Hauptvorteil der Webservices gegenüber CORBA oder DCOM wird hier durch die Möglichkeit der losen Kopplung beschrieben. Es entstehen keine fest verbundenen Softwarekomponenten, die bereits zur Entwicklung bekannt sein müssen. Der Serviceansatz ermöglicht ein dynamisches Vorgehen und bietet damit bessere Möglichkeiten zur Anpassung an die speziellen Gegebenheiten eines Anwendungsfalles. Zusätzlich erweist sich die Nutzung von Standards und Technologien aus den Basistechnologien des Internets als vorteilhaft. Eine Rolle spielen hier auch die Normungs- und Standardisierungsarbeiten des W3C und der OASIS. Diese allgemein akzeptierten Standards bieten bei der Entwicklung die Sicherheit, dass Services auf eine einfache und bekannte Weise angesprochen werden können, was allgemein zur Verbreitung dieser Technologie beiträgt.
- Auch im Verbundprojekt preagro stützen sich mehrere Teilprojekte auf eine Service Orientierte Architektur, um die Datenbereitstellung und das Informationsmanagement für Precision Farming zu erleichtern [WDS08]. Als Webservices wurden

hier die vom Open Geospatial Consortium (OGC) standardisierten Webservices eingesetzt [OGC07] (Vgl. auch 2.2.5).

Es gilt also festzuhalten:

- Die Service Orientierte Architektur ist ein allgemein anerkanntes Architekturkonzept, das auch für die Entwicklungen im Bereich der Landwirtschaft berücksichtigt werden muss.
- Es existieren Standards, die bei einer Umsetzung berücksichtigt werden müssen. Entsprechende Entwicklungswerkzeuge erleichtern die Implementation.
- Webservices spielen bei der Umsetzung einer SOA die größte Rolle. Durch die Vielzahl der verfügbaren Softwarekomponenten lässt sich die Implementierung von Applikationen vereinfachen.
- Für die Landwirtschaft wurde bereits für verschiedene Anwendungsbereiche die Service Orientierte Architektur mit Webservices vorgeschlagen und zum Teil auch erfolgreich getestet.

2.2.3 Management Information Systems (MIS)

Mit beginnender Nutzung der Informationstechnik in der Industrie entstand auch das Ziel, das Management mit den Mitteln der IT zu unterstützen. Funktionsfähige und nutzbringende Systeme entstanden aber erst in den 1980er Jahren. Eine klare Abgrenzung der Begriffe ist schwierig. So werden Begriffe wie Management Support System (MSS), Executive Information System (EIS) oder Decision Support System (DSS) verwendet. Dabei sind je nach Zusammenhang die jeweiligen IT-Systeme oder aber spezielle Bereiche daraus gemeint. Seit der Verwendung des Begriffs der Business Intelligence (BI) durch Howard Dresner, einem Analysten der Gartner Group 1989, hat sich dieser Begriff gewissermaßen als gemeinsame, jedoch unscharfe Klammer etabliert. Auch der Begriff der „Analytischen Informationssysteme“ lässt sich im Deutschen finden [Cha06].

Eine Zusammenfassung wichtiger Definitionen vor dem Hintergrund der Landwirtschaft findet sich in [Aug98]: Eine allgemein gehaltene Definition bezeichnet ein MIS als "... die organisatorische Konzeption des gesamten betrieblichen Informationswesens in dem Sinne, dass das Management die für die Durchführung seiner Aufgaben benötigten Informationen über die Vergangenheit, über das Ist und über die Zukunft (Prognosen) entsprechend dem jeweiligen Zweck (Situation) mit dem richtigen Inhalt, zum richtigen Zeitpunkt, in der zweckmäßigsten Form unter Berücksichtigung des allgemeinen Wirtschaftlichkeitsprinzips zur Verfügung hat"¹¹ [Kor71]. Entsprechend ist es "Aufgabe von Managementinformationssystemen (MIS) ... dem Unternehmer gezielt Informationen zu liefern, um ihn in die Lage zu versetzen, seine unternehmerischen Ziele zu erreichen"¹² [LS81]. Die Eigenschaft der Unterstützung auf der Ebene der unternehmerischen Entscheidungsfindung wird hervorgeho-

¹¹ a.a.O., S. 71.

¹² a.a.O., S. 91.

ben: "MIS form a special category of IT applications, since they primarily focus on decision support functions, whereas other IT applications typically have additional functionalities, such as data processing and operational functions"¹³ [VHDK95].

Unabhängig von der begrifflichen Verwendung ist es das Ziel derartiger Systeme, Information und ggf. auch Funktionalität in speziell aufbereiteter Form für das Management zur Verfügung zu stellen. Im Gegensatz zu den Daten des täglichen Geschäftsbetriebes (operativ) werden diese Daten als dispositiv bezeichnet. Tabelle 2 zeigt die wesentlichen Unterschiede von operativen und dispositiven Daten anhand verschiedener Merkmale.

Tabelle 2: *Charakteristika operativer und dispositiver Daten nach KEMPER et al. (2006) [KMU06]*

	<i>Charakteristika operativer Daten</i>	<i>Charakteristika dispositiver Daten</i>
Ziel	Abwicklung der Geschäftsprozesse	Informationen für das Management; Entscheidungsunterstützung
Ausrichtung	detaillierte, granulare Geschäftsfalldaten	verdichtete, transformierte Daten; umfassendes Metadatenangebot
Zeitbezug	aktuell, zeitpunktbezogen, auf die Transaktion ausgerichtet	unterschiedliche, aufgabenabhängige Aktualität; Historienbetrachtung
Modellierung	Altbestände, oft nicht modelliert (funktionsorientiert)	sachgebiets- oder themenbezogen; standardisiert und endbenutzertauglich
Zustand	häufig redundant, inkonsistent	konsistent modelliert; kontrollierte Redundanz
Update	laufend und konkurrierend	ergänzend; Fortschreibung abgeleiteter, aggregierter Daten
Queries	strukturiert; meist statisch im Programmcode	ad-hoc für komplexe, ständig wechselnde Fragestellungen und vorgefertigte Standardauswertungen

Durch die unterschiedlichen Charakteristika gehen auch die Anforderungsprofile für ein Datenmanagementsystem für diese Daten auseinander:

- Die in einem ERP-System vorhandene Strukturierung der Daten ist für einen Zugriff für Auswertungen auf unterschiedlichen Aggregationsniveaus nicht ausgerichtet.
- Analytische Auswertungen würden das ERP belasten.
- Auswertungen über mehrere ERP-Systeme z. B. für Konzernberichte, die mehrere Betriebe beinhalten sind nicht möglich.

Um diesem Dilemma zu begegnen wurden Lösungen entwickelt, die eine Verbindung zwischen operativen und dispositiven Daten herstellen und die managementrelevanten Daten dann in einer geeigneten Form bereitstellen. Für dieses Vorgehen hat sich die Bezeichnung des „Data Warehousing“ durchgesetzt. Dieser Begriff wurde zum ersten mal in [DM88] genutzt und ist weniger als ein „Lagerhaus für Daten“ zu verstehen als vielmehr einem Konzept zum Umgang mit Daten, das eher einem „Logistikzentrum“ gleicht. Heute gibt

¹³ a.a.O., S. 275.

es unterschiedliche und zum Teil konkurrierende Definitionen. Die Definition von Inmon [In92] ist hier sehr eng gehalten:

„A data warehouse is a subject-oriented, integrated, time-variant, nonvolatile collection of data in support of management's decisions-making process“¹⁴.

Mit einer freieren Definition versucht [Zeh03] dem tatsächlichen Stand der Verwendung dieser Techniken gerecht zu werden:

„Ein Data Warehouse ist ein physischer Datenbestand, der eine integrierte Sicht auf die zugrunde liegenden Datenquellen ermöglicht.“¹⁵

Die Unterschiede der Definitionen bewegen sich hier hauptsächlich in der Möglichkeit der Datenverwendung oder der Einschränkung eines Data Warehouse auf bestimmte Bereiche. Auch für die technische Realisierung gibt es durchaus unterschiedliche Meinungen und Wege, wobei der grundsätzliche Aufbau meist dem in Abbildung 9 beschriebenen gleicht.

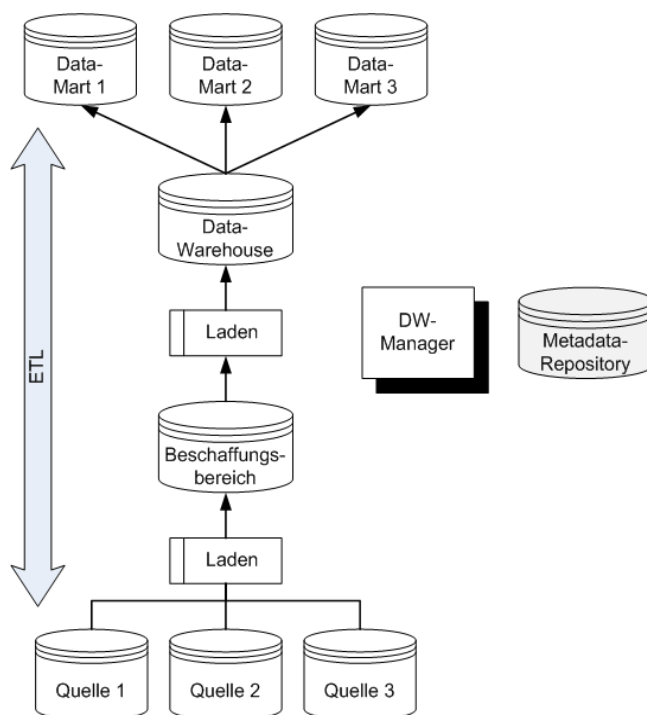


Abbildung 9: Aufbau eines Data Warehouse [Krc07]

Die operativen Systeme sind in der Regel auf Online-Transactional-Processing (OLTP) ausgerichtet. Die Datenbankstrukturen sind für häufige, konkurrierende Zugriffe ausgelegt und für das schnelle Schreiben und Lesen einzelner Datensätze optimiert. Die Zugriffs- und Analysebereiche des Data Warehouse sind auf Online-Analytical-Processing (OLAP) aus-

14 a.a.O., S 33.

15 a.a.O., S. 5.

gerichtet und auf wenige, wechselnde, großräumige Suchoperationen über mehrere Tabellen optimiert. Dieser Prozess der Überführung in „führungsrelevante Daten“ wird als ETL-Prozess (Extraktion-Transformation-Laden) bezeichnet. Er beinhaltet die Schritte der Extraktion der Daten aus den operativen Datenbanken, den Vorgang der Transformation und schließlich des Ladens in das Data Warehouse. Datenbereiche, die sich zwischen den Systemen befinden und diesen Vorgang unterstützen werden auch häufig als „Staging Area“ bezeichnet.

Die Transformation lässt sich wiederum in folgende Bereiche einteilen [KMU06]:

- Filterung (incl. syntaktischer und semantischer Mängelbeseitigung)
- Harmonisierung (Einheiten, Granularität)
- Aggregation (z. B. in Tage, Wochen, Monate, Quartale, Jahre)
- Anreicherung (Berechnung von Kenngrößen)

Bei der Abbildung der Daten im Data Warehouse wird häufig ein denormalisiertes Datenmodell eingesetzt, um die Zugriffszeiten durch bereits in berechneter Form gespeicherte Werte zu verbessern. Zudem wird durch die Berechnungen direkt in der Datenbank die ansonsten übliche Trennung von Daten und Logik aufgehoben. Dabei werden Daten über das eigentliche Data Warehouse (oft auch als Core Data Warehouse bezeichnet) hinaus in so genannten Data Marts für bestimmte Auswertungszwecke extra zusammengestellt. Beispiele für diese Auswertungen sind das Berichtswesen, OLAP-Werkzeuge oder Data Mining.

In Forschung und Anwendung im Agrarbereich scheint dieses Thema bisher zwar für die Informationsbereitstellung in der Verwaltung [SSR08], nicht aber auf einzelbetrieblicher Ebene von Bedeutung zu sein. Vor dem Hintergrund der wachsenden Datenbasis durch elektronisch unterstützte Datenerfassung könnten Business-Intelligence-Technologien genutzt werden, um den Landwirt durch die Bereitstellung von führungsrelevanten Informationen beim Betriebsmanagement zu unterstützen. Daher sollte auch bei der Entwicklung von Lösungen die Trennung von operativen und dispositiven Daten in unterschiedlichen Systemen bedacht werden.

Die Einschränkung der Definitionen auf den Bereich der Ökonomie ist künftig nicht mehr haltbar, da dieser Ansatz in der Praxis bereits auch in anderen Bereichen eingesetzt wird [Zeh03]. Damit könnte dieses Vorgehen auch im Bereich der Landwirtschaft in weiteren Anwendungen von Nutzen sein.

2.2.4 Web-Technologien und Portale

Durch die ständige Weiterentwicklung der Technologien des World Wide Web haben Webseiten heute oft Aussehen und Funktionalität ähnlich einer Desktopanwendung. Möglich wird dies vor allem durch Techniken, die durch asynchrone Kommunikation eine neuartige Gestaltung von Webseiten möglich machen (Bsp. AJAX). Diese müssen nicht immer kom-

plett geladen werden, sondern ermöglichen, parallel zur Anzeige der Seite, das Laden oder Verarbeiten von Daten im Hintergrund. Dadurch können in einer Seite während der Anzeige Daten verändert werden, ohne, dass die Seite jedes mal neu aufgebaut werden muss. Auch Funktionen wie Popupfenster sind so möglich. Dies gibt diesen Seiten ein desktop-ähnliches Verhalten.

In zunehmendem Maße verschwimmen in Unternehmen die Grenzen zwischen PC-Applikation und Webanwendung. Kamen in Unternehmen mit der Einführung der Informationstechnologie zunächst Großrechner zum Einsatz, haben sich heute Arbeitsplatzrechner mit eigener Rechen- und Speicherkapazität durchgesetzt. Diese sind allerdings häufig mit Servern verbunden, die Speicherplatz für gemeinsam verwendete Dokumente zur Verfügung stellen und auf denen in der Regel die Unternehmenssoftware betrieben wird. Dabei können Anwendungen sowohl mit Hilfe eigener Software für die Darstellung auf dem Desktop als auch als „neuartige Webseite“, die mit einem Browser dargestellt wird, realisiert werden.

Solche Techniken werden häufig in Unternehmensportalen verwendet. Nach KREUDER UND SCHIEFER (2002) [KS02] sind Portale „Aggregations- und Konzentrationspunkte entsprechend dem Informations-, Kommunikations- und Transaktionsbedarf spezifischer Anbieter und Nutzergruppen und können sowohl vertikal als auch horizontal ausgerichtet sein. Sie bündeln aktiv ansonsten autonome Informationen und Zugriffsschnittstellen.“¹⁶ Portale können gewissermaßen als ein „themenspezifisches Webinterface“ gesehen werden [WVB07]. Dabei erlauben Portale mit einer einmaligen Anmeldung und Authentifizierung den Zugriff auf personalisierte Anwendungen, Dienste und Daten. Diese können im eigenen Unternehmen sein. Es können aber auch Dienste beispielsweise von Zulieferern eingebunden werden und so in die eigenen unternehmensinternen Prozesse integriert werden. Deshalb werden Portale oft auch im Zusammenhang mit den Business Intelligence Techniken und dort vor allem als Einstiegspunkt für die Navigation in Datenbeständen eines Data Warehouse genannt.

Ein Beispiel für die Nutzung eines Portals als Ansatz für den Zugriff auf verteilte Daten außerhalb eines Unternehmens wird im folgenden vorgestellt.

2.2.5 Geodateninfrastruktur (GDI): Vorbild für Landwirtschaft?

Daten mit Raumbezug spielen eine immer größere Rolle. Vor allem durch die Freigabe des Global Positioning System des US-Militärs für die zivile Nutzung wurde eine Möglichkeit geschaffen, Information einen räumlichen Kontext zuzuweisen. Nach und nach werden viele in verschiedenen Archiven vorhandene Informationen digitalisiert und mit einem Raumbezug versehen. Die Möglichkeiten dieser Bandbreite und auch Menge an Daten werden zunehmend durch unterschiedlichste Gruppen erkannt. Doch nicht jeder Nutzer ist in der Lage, die Daten eigenständig zu erfassen und entsprechend für die Nutzung verfügbar zu machen und zu pflegen. Zudem ist es nicht sinnvoll, die selben Daten mehrfach zu erfassen

¹⁶ a.a.O., S. 141.

sen. Es kommt hinzu, dass die Orte und logischen Einheiten der Datenerfassung nicht den Anforderungen der Nutzung entsprechen. D.h. Information, die zur Beantwortung einer Frage benötigt wird, befindet sich in verteilten, heterogenen Datenbanken.

Um das Potenzial der Daten ausnutzen zu können, ist eine Integration der verschiedenen Datenquellen in dem System notwendig, in dem die jeweiligen Datenverarbeitungsschritte für einen Anwendungsfall durchgeführt werden. „Geodatenintegration“ definiert DONAUBAUER (2004) als einen mehrstufigen Prozess, „der zum Ziel hat, Geodaten aus 1..n Geodatenbanken (den Quellsystemen) in einer weiteren Geodatenbank (dem Zielsystem) zusammenzuführen“¹⁷ [Don04]. Die Grenzen der Geodatenintegration zeigen sich jedoch vor allem in den Punkten Aktualität, Einbindung neuer Daten, Komplexität, Ressourcenverbrauch und Datenschutz. Deswegen schlägt DONAUBAUER (2004) die „interoperable Nutzung verteilter Geodatenbanken mittels standardisierter Geo Web Services“¹⁸ vor [Don04]. Da Geodaten auch in der Landwirtschaft eine wichtige Rolle spielen und ein derartiges System eventuell geeignet ist, die Anforderungen der Landwirtschaft zu erfüllen, soll dieses System [Don04] im Folgenden betrachtet werden:

Grundsätzlich folgt der Aufbau der Idee der Service Orientierten Architektur. Funktionen werden in einzelnen Services gekapselt und über das Internet als Dienst bereitgestellt. Die Daten bleiben dabei in den verteilten Geodatenbanken und werden beim Zugriff direkt von dort geladen. Besonderheit dieses Vorschlages ist die branchenweit gedachte Umsetzung, während eine SOA meist als Lösungsansatz für ein einzelnes Unternehmen gesehen wird. Abbildung 10 zeigt Aufbau und Komponenten der GDI. Die Implementierung erfolgt entsprechend den Standards des Open Geospatial Consortiums (OGC) [OGC07]. Neben diesen Spezifikationen wird eine „Geographic Markup Language“ (GML) definiert [OGC02]. Diese ist eine XML-basierte Datenaustauschsprache, die speziell für den Austausch von Geodaten angepasst ist und zur Übertragung von Inhalten zwischen den unterschiedlichen Services verwendet wird.

Unter Nutzung dieses Architekturmodells wurden mehrere Anwendungsszenarien definiert und dafür Dienstebündel entwickelt und implementiert. Diese Dienstebündel bilden eine Sammlung an Services, die zur Lösung eines bestimmten Problems benötigt werden. Dienste können dabei auch verkettet werden. Dabei werden drei unterschiedliche Formen der Verkettung unterschieden:

17 a.a.O., S. 18.

18 a.a.O., S. 21.

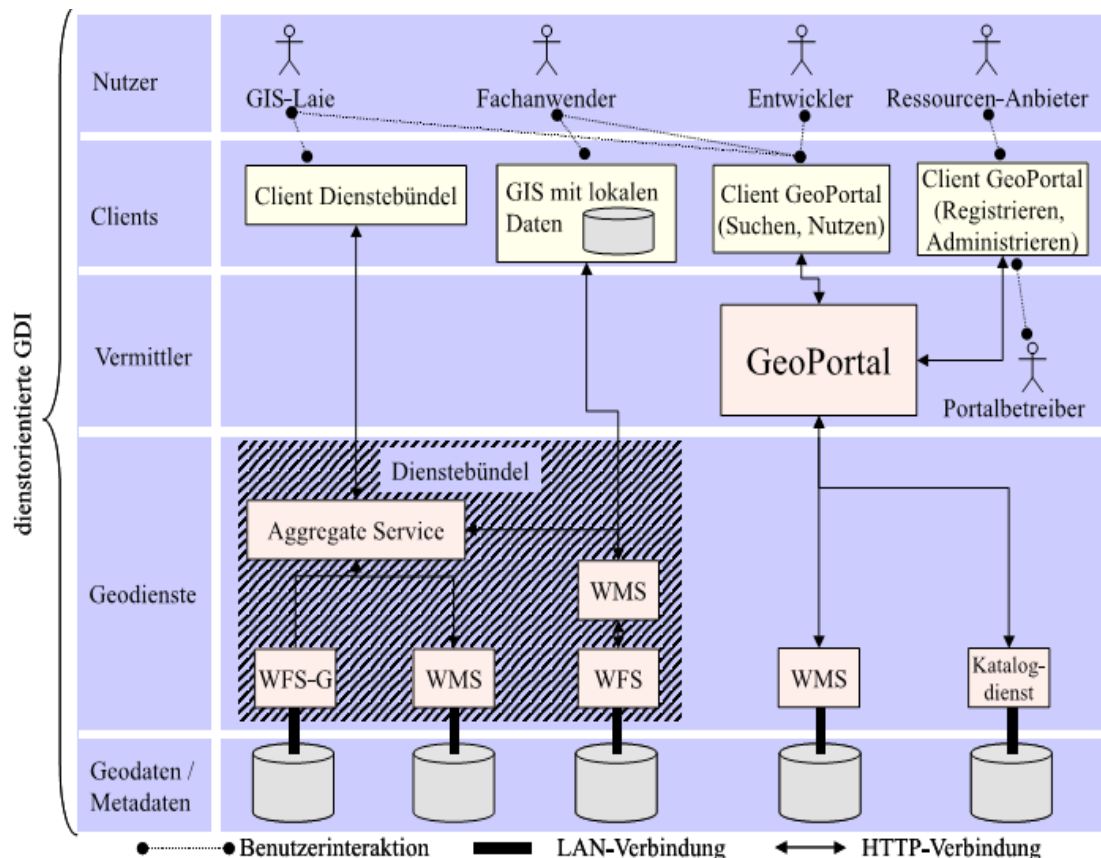


Abbildung 10: Aufbau einer GDI [Don04]

- 1 Transparent: Der Anwender steuert die Verkettung zur Laufzeit. Dies setzt die genaue Kenntnis des Anwenders über die Funktion der einzelnen Services voraus.
- 2 Transluzent: Der Anwender stößt einen Service an, der weitere Services für die Lösung der Aufgabe nutzt. Die genutzten Services sind dem Anwender bekannt.
- 3 Opak: Der Anwender nutzt einen Service. Die Nutzung weiterer Services ist nicht bekannt (Black Box).

Die beiden letzteren werden auch Aggregate Services bezeichnet und benötigen einen vordefinierten Workflow. Welche Möglichkeiten im speziellen Anwendungsfall gebraucht werden, hängt im wesentlichen von der Aufgabenstellung und vom Anwender ab.

Mit dem dienstorientierten Ansatz können die spezialisierten und komplexen GIS nicht ersetzt werden. Vielmehr kann Anwendern ohne speziellem Fachwissen ein System an die Hand gegeben werden, das die Lösung von Problemen mit Raumbezug vereinfacht. Im Besonderen erweist sich dies als vorteilhaft, wenn unterschiedliche, sich ständig ändernde Quellen berücksichtigt werden müssen und die Pflege der Geodaten nicht beim Anwender liegen soll.

Die Kombination von eigenen mit entfernten Daten wurde von den meisten Nutzern als größter Nutzen herausgestellt. Es wurde aber auch gezeigt, dass das Konzept der verteil-

ten Datenhaltung nicht immer sinnvoll eingesetzt werden kann. Deswegen sind auch hybride Ansätze denkbar.

Kritisch zu betrachten sind konkurrierende Definitionen in den Standards des OGC mit denen des W3C. Dies beginnt bereits mit Terminologiedivergenzen zu „normaler“ Informatik. So beinhaltet der Begriff des „Web Service“ beim W3C gleichzeitig eine technische Spezifikation, die die Verwendung von WSDL und SOAP festschreibt, während die Dienste des OGC darauf nicht zurückgreifen. Allerdings ist geplant, dies in zukünftigen Versionen der Standards zu berücksichtigen [NBB07].

Ein Vergleich der Umsetzung eines derartigen Systems mit Hilfe von Datenintegration oder als serviceorientiertes Konzept zeigt Tabelle 3. Gerade die Möglichkeit der Kombination von Daten aus unterschiedlichen Quellen ohne dezidiertes Wissen des Anwenders, der oft nicht die personellen und finanziellen Ressourcen zum Aufbau eines eigenen Systems hat, sprechen für den Ansatz der Interoperabilität verteilter Daten. Dies liefert Hinweise auf eine mögliche Ausgestaltung eines Systems für die landwirtschaftliche Anwendung. Der Landwirt ist zwar im Sinne der landwirtschaftlichen Anwendung als Fachanwender einzustufen, im Bezug auf die Verarbeitung von Daten muss er jedoch als Laie gesehen werden. Die Nutzung von Webservices zum Aufbau eines Systems für das Informationsmanagement in der Landwirtschaft scheint ein geeigneter Ansatz zu sein.

Tabelle 3: *Eignung der Lösungsansätze in Abhängigkeit von Einsatzzweck und Nutzerprofil [Don04]*

<i>Einsatzzweck / Nutzerprofil</i>	<i>Datenintegration</i>	<i>Interoperabilität mittels Geo Web Services</i>
Aufbau von GIS und GIS-Know-how beim Endnutzer nicht erwünscht	-	+
Geodatenhaltung und -pflege beim Anwender nicht erwünscht	-	+
Einfache Auskunft aus bzw. Visualisierung von verteilten, heterogenen Geodatenbanken im stationären und mobilen Internet	-	+
Nutzung entfernter GIS-Funktionalität	-	+
Große, flexible Ausdehnung der Geodatenbasis, große Anzahl zu kombinierender, verteilter, heterogener Geodatenbanken	0	+
Ad hoc Datenkombination	0	+
Hohe Anforderungen an Datenaktualität im Zielsystem bei großer Dynamik in den Quellsystemen	-	+
Analysen komplexer Art, in einem größeren geographischen Ausschnitt	+	0
Erfassung und Fortführung von Geodaten komplexerer Art (für andere)	+	-
Veredelung und Weiterverarbeitung von Geodaten beim Endnutzer	+	0
Migration von Systemen	+	-
Hohe Anforderung von Datenintegrität im Zielsystem	+	-

Bewertung: - ungünstig, 0 neutral, + günstig

2.3 Unterschiede industrieller und landwirtschaftlicher Produktion

Abschließend gilt es die Unterschiede industrieller und landwirtschaftlicher Produktion zu vergleichen, um Rückschlüsse auf die Übertragbarkeit der dargestellten industriellen IT-Lösungen zu ziehen.

In [Rut07] wird die Industrialisierung der landwirtschaftlichen Produktion gefordert; in diesem Fall mit speziellem Blick auf die Verfolgung von Chargen. In der Gesellschaft wird dagegen der Begriff der Industrialisierung im Kontext der Landwirtschaft kritisch gesehen, weil hier in der Regel der Größenaspekt von Betrieben und Flächen betrachtet wird. Bei dieser Forderung liegt allerdings der Fokus auf der Objektivierung und Professionalisierung von Prozessen und im Speziellen auf der Rückverfolgbarkeit.

Die Unterschiede können nicht allein an den Größenstrukturen festgemacht werden. Kennzeichen der meisten industriellen Produktionsprozesse ist das Durchlaufen von unterschiedlichen Fertigungsschritten. Dabei wird das Produkt entlang einer speziellen Produktionslinie in mehreren Stufen zu den notwendigen Maschinen gebracht und dort bearbeitet. Bereits bei der Festlegung der einzelnen Produktionsschritte werden anhand verschiedener Zielgrößen die unterschiedlichen Maschinen ausgewählt. Ihre Möglichkeiten und Para-

meter sind bekannt. Es handelt sich um ein vom Menschen aufgebautes, definiertes, geschlossenes System. Die Produktion selbst folgt einem Plan. Abweichungen davon können anhand unterschiedlicher Sensoren, die ihre Daten an die IT-Systeme liefern, schnell erkannt werden und so auch weitreichende Auswirkungen einer Fehlfunktion berechnet werden.

Im Gegensatz dazu steht die Pflanze zwar auf einem geographisch bekannten Standort. Die dort ablaufenden Prozesse sind allerdings nicht in allen Details bekannt und modellierbar. Die Witterung beeinflusst die Pflanze sowohl über das System Boden als auch direkt. Es ist keine Einflussnahme möglich. Für Maßnahmen „muss die Maschine zur Pflanze kommen“. Diese stellen zum Teil nur eine Beeinflussung des Systems, weniger einen direkten Eingriff an der Pflanze dar. Bei Maßnahmen der Bodenbearbeitung wird zudem der Standort gravierend beeinflusst. Die Produktion findet zudem in einem offenen System statt. Es sind weder alle Prozesse in allen Details bekannt sind, noch können alle Einflussfaktoren über Sensoren erfasst werden. Die beeinflussbaren Faktoren sind stark eingeschränkt. Dennoch müssen die Zustände des „umgebenden Systems“ und die Interaktionen zwischen Produktionsprozess und Umwelt mit einbezogen werden [MS01]. Aufgrund dieser dynamischen Rahmenbedingungen durch nicht planbare Ereignisse [SCF09] muss Ausführung und Korrektur von Plänen Hand in Hand gehen. Eine Managementstrategie kann in gewisser Weise als ein flexibler Plan gesehen werden [CGMR06]. Dafür gilt es dem Landwirt alle notwendigen Informationen in geeigneter Weise bereit zu stellen.

Dies spiegelt sich auch in dem Vergleich von landwirtschaftlicher und industrieller Software wieder: Gerade die Bereiche der Produktionsplanung, der Integration von Produktionsprozessen und des Performancemanagement werden als entwicklungsbedürftig eingestuft [APV06]. Vor dem Hintergrund des offenen Produktionssystems stellen gerade diese Bereiche hohe Ansprüche an die Entwicklung, da zum Teil nicht vollständig bekannte Prozesse mit unbeeinflussbaren Größen modelliert und dabei externe Faktoren berücksichtigt werden müssen.

Die industrielle Produktion hingegen ist gekennzeichnet von einer genauen Kenntnis der Produktionsprozesse. Unter diesem Aspekt ist auch eine „Industrialisierung“ der Pflanzenproduktion wünschenswert. Insofern können die IT-Systeme der Industrie durchaus als Vorlage für entsprechende System in der Landwirtschaft verwendet werden. Vielmehr ist die Verfügbarkeit von Information in den offenen Produktionssystemen im Agrarbereich eine zusätzliche Herausforderung, zu deren Bewältigung die ICT einen Beitrag leisten kann, gerade auch, da die Erfassung der Rahmenbedingungen meist die Möglichkeiten des Einzelbetriebes übersteigt und unterschiedlichste externe Informationen berücksichtigt werden müssen. Deshalb wird die IT auch als „Backbone“ für Precision Farming gesehen [MS01].

3 METHODEN

3.1 Methoden für das Informationsmanagement im Pflanzenbau

In Kenntnis der aktuellen Situation gilt es nun ein Konzept für das Informationsmanagement zu skizzieren, innerhalb dessen Rahmen die Integration von Prozessdaten zu entwickeln ist. Zunächst werden Anforderungen zusammengetragen. Dabei spielen die Informationen aus Kapitel 2 wichtige Rolle. Schließlich werden alternative Lösungsansätze betrachtet und diese anhand der vorher aufgestellten Anforderungen auf ihre Tragfähigkeit untersucht. Es wird ein Ansatz ausgewählt und konzeptionell beschrieben.

3.1.1 Anforderungen

Die Anforderungen an ein Informationsmanagementsystem „Pflanzenbau“ können zum Teil aus der Literatur zusammengestellt werden. Des weiteren gilt es, die derzeitigen Herausforderungen und zukünftigen Anwendungsfelder, welche in den vorherigen Kapiteln behandelt wurden, zu berücksichtigen.

Eine wichtige Forderung für die Umsetzung ist die der Integration. Diese beinhaltet mehrere Anforderungen:

- Es sind verschiedenste Datenquellen zu integrieren. Diese reichen von Wetterdaten über selbst erfasste Prozessdaten bis hin zur staatlichen Verwaltung. Eine Aufstellung über unterschiedliche Datenquellen findet sich in 2.1.4.3.1. Dabei gilt es, die Instrumente der Datenerfassung zu berücksichtigen und strukturell eine möglichst tiefe Integration zuzulassen.
- Für eine nutzbringende Datenverarbeitung müssen verschiedenste Algorithmen integriert werden, die die unterschiedlichsten Daten für die jeweilige Fragestellung aufbereiten und konkrete Information für die Bearbeitung einer Managementaufgabe bereitstellen.
- Expertenwissen ist in besonderer Weise zu berücksichtigen. Ein System muss technische Möglichkeiten schaffen, um eine zeitnahe Integration zu ermöglichen. Im Speziellen gilt dies auch für neue Erkenntnisse aus der Forschung.
- Die Funktionen der heute verwendeten, zahlreichen Softwaretools müssen innerhalb der Infrastruktur nutzbar gemacht werden.
- Eine Anbindung von benachbarten Fachbereichen sollte ermöglicht werden. Services, die z. B. bereits innerhalb einer Geodateninfrastruktur angeboten werden, sollten einfach angebunden werden können.
- Für die Bearbeitung zukünftiger Fragestellungen muss ein System erweiterbar und offen gestaltet werden, so dass neue Daten, neue Methoden und neue Abläufe integrierbar sind. Zudem müssen bereits vorhandene Daten weiterhin nutzbar bleiben.

Vor allem in der Nutzung der Daten liegen besondere Anforderungen, wie bereits in 2.1.4.2 bei der Behandlung der Hemmnisse bei der Umsetzung von Precision Farming deutlich wurde:

- Die Datenverfügbarkeit muss gewährleistet sein. Dies gilt unabhängig von Ort und Zeit und insbesondere auch für die Nutzung mit unterschiedlichsten Endgeräten.
- Informationsmanagementsysteme müssen an die unterschiedlichen betrieblichen Bedingungen angepasst werden können. Eine Rolle spielen dabei Parameter wie die Betriebsgröße, die Betriebszweige und das Produktionsprogramm, die Intensität und der Technisierungsgrad im operativen Bereich, aber auch die Informationsintensität und schließlich unterschiedliche Strategien und Vorgehensweisen. Dies erfordert letztendlich eine Konfigurierbarkeit von Daten, Datenflüssen und der Logik der Systeme.
- Die mangelnde Berücksichtigung des Benutzers stellt eines der größten Hemmnisse in der Umsetzung von Precision Farming dar. Schnittstellen müssen einfach gehalten werden und Systeme möglichst standardisiert aufgebaut sein [MSRCH07]. Aufgaben, die in der IT und nicht im Management des Betriebes begründet sind, wie zum Beispiel die des Datenmanagements, sollten so gestaltet werden, dass sie ausgelagert werden können und so weit wie möglich vom Landwirt ferngehalten werden. Auch die Aufwertung von Daten zu Information dürfte die meisten Betriebe überfordern [RA04b].
- Auf die unterschiedlichen Intentionen und Fähigkeiten der Benutzer im Umgang mit Computer und Software muss Rücksicht genommen werden [KSF02]. Von Landwirten kann z. B. kein (GIS-) Spezialwissen erwartet werden [NBB07]. Eine Anpassbarkeit an verschiedene Nutzerprofile wäre wünschenswert [MSRCH07]. Dennoch muss es für Experten möglich sein, Zugriff auf alle Einstellungen zu erhalten.

Ein weiterer Bereich an Anforderungen ist in der Nutzung der IT begründet:

- Die Komplexität muss so weit wie möglich vom Anwender ferngehalten werden und durch geeignete Mechanismen im System aufgefangen werden.
- Die Datenverarbeitung muss nach außen hin einfach gestaltet werden. Dazu ist ein möglichst hoher Automatisierungsgrad anzustreben.
- Bei der Datensicherheit sind zwei Aspekte zu berücksichtigen. Zum einen ist dies der Schutz vor Datenverlust durch die Anwendung geeigneter Archivierungs- oder Backup-Systeme. Zum anderen ist dies der Schutz vor unautorisiertem Zugriff, für den Authentifizierungssysteme und Systeme zum Rechtemanagement implementiert werden müssen.
- Vorhandene Standards müssen verwendet und ggf. neu definiert werden, um einen einfachen Aufbau und die Wiederverwendbarkeit von Komponenten zu gewährleisten.

- Für den Betrieb ist die Stabilität und Aktualität der Systeme ein entscheidendes Kriterium.
- Der grundsätzliche Aufbau der Infrastruktur sollte Dienstleistern Raum geben, darauf aufbauend Geschäftsmodelle zu entwickeln und spezialisierte Dienstleistungen anbieten zu können.
- Das System muss unabhängig von Herstellern sein (Software wie Hardware).

3.1.2 Lösungsansätze

Natürlich wird eine Umsetzung nicht alle Anforderungen gleichermaßen erfüllen können. Jedoch haben unterschiedliche Konzepte strukturelle Vor- und Nachteile. Im Folgenden werden drei Lösungsansätze dargestellt, die dann vor dem Hintergrund der Anforderungen vergleichend gegenüber gestellt werden. Basierend auf dieser Information wird ein Ansatz ausgewählt und als Konzept ausgebaut und beschrieben.

3.1.2.1 Lokales FMIS: erweiterte Schlagkartei

Eine zentrale Software auf dem PC des Landwirts integriert alle notwendigen Funktionen. Im Grunde handelt es sich dabei um eine Schlagkartei nach heutigem Vorbild, die entsprechend erweitert wird und die heutigen unterschiedlichen Softwaretools integriert. Damit können bisher alleinstehende Softwarelösungen für spezielle Anwendungsfälle wie der Erstellung von Ertragskarten etc. direkt in der gewohnten Software bearbeitet werden. Datenübertragungen und Schnittstellenprobleme zwischen unterschiedlichen Programmen fallen damit weg. Dies setzt aber auch voraus, dass alle benötigten Daten so geliefert werden, dass sie in der Software gelesen und verarbeitet werden können. Sämtliche Daten werden lokal auf dem Rechner des Landwirts gespeichert und werden nur auf Knopfdruck an Adressaten gesendet.

Der Begriff FMIS (Farm Management Information System) wird analog zur Definition in ISO 11783 verwendet.

Dieser Ansatz entspricht Forderungen, nach denen der Officecomputer als Haupteinheit genutzt wird und komplette Precision Farming Systeme auf diesem Rechner lokalisiert sind [AS99]. Ebenso ist die Forderung nach einer zentralen Datenbank [Lin02b] erfüllt.

3.1.2.2 Webbasierte Schlagkartei (Internetportal)

Der Landwirt nutzt keine spezielle Software auf seinem Rechner, sondern arbeitet über den Webbrowser auf einem Online-Portal. Vorbild dafür sind die heutigen Online-Schlagkarteien. Der Landwirt kann von seinem Portalanbieter unterschiedliche Module und Funktionalität buchen. Damit ist seine Software leicht erweiterbar und anpassbar. Updates fallen in den Verantwortungsbereich des Betreibers, ebenso das Speichern der Daten. Hier ist natürlich eine hohe Verfügbarkeit der Webseite gefordert; bei defekter Internetverbindung ist

der Landwirt komplett von seinem System abgeschnitten. Die Möglichkeiten der Darstellung sind auf die Definitionen der Internetstandards eingeschränkt.

3.1.2.3 FMIS in einer Service Orientierten Architektur (SOA)

Das FMIS als zentrale, lokale Software bleibt. Es wird durch Schnittstellen eingebunden in eine Service Orientierte Architektur für den Agrarbereich (AgSOA). In dieser AgSOA stehen unterschiedliche Dienste über definierte Schnittstellen zur Verfügung. Diese Dienste kann der Landwirt buchen und über seine gewohnte Software steuern. Die Datenübertragung bleibt damit im Hintergrund. Die Wartung der Dienste obliegt den Anbietern. Auch ein Speichern von speziellen Daten beim Dienstleister ist möglich. So können komplexe Datenmanagementaufgaben auf den Dienstleister übertragen werden. Dieses Konzept ist an die IT-Lösungen großer Unternehmen angelehnt und resultiert in einer Verschmelzung lokaler Software mit im Intra- oder Internet lokalisierten Anwendungen. WOLFERT et al. (2007) [WVB07] sehen in dem auf der Ebene eines global operierenden Unternehmens ausgerichteten Softwaredesign wesentliche Effizienzverbesserungen.

3.1.2.4 Vergleich der Lösungsansätze

Die grundsätzlichen Unterschiede der Lösungsansätze liegen in den Möglichkeiten der Datenvernetzung (Abb.11). Bei einem lokalen FMIS gehen nahezu alle Datenübertragungen vom Landwirt aus. Dies betrifft das Einlesen von externen Daten, die als Datei vorliegen, genauso wie die Weitergabe von Information, die aus dem FMIS als Datei exportiert wurde. Technische Einrichtungen zur Datenerfassung werden direkt an die Schlagkartei angebunden. Sollen hier Datenübertragungen automatisiert ablaufen, muss der PC immer am Netz sein.

Bei einer internetbasierten Schlagkartei gelten die Abläufe für Einlesen und Weitergabe der Daten ebenso. Da jegliche Datenverarbeitung aber auf dem Server des Anbieters statt findet, werden alle Daten über das Internet übertragen. Zudem besteht so auch die Möglichkeit, Dritten kontrollierten Zugriff auf bestimmte Daten zu geben und so, zumindest bei der Weitergabe von Daten, den Aufwand für den Benutzer zu reduzieren. Datenerfassungslösungen können direkt an das System des Dienstleisters angebunden werden und sind unabhängig vom PC des Landwirts einsatzfähig. Zusätzlich können einzelne Module des Systems von Dritten verantwortet werden, ohne dass dies für den Nutzer sichtbar ist. Reine IT-Aufgaben, wie die Datensicherung, Updates und das Absichern des Systems gegen Dritte sind im Verantwortungsbereich des Dienstleisters.

Bei der Nutzung einer Service Orientierten Architektur für den Agrarbereich (AgSOA) entstehen weitere Möglichkeiten der Datenvernetzung. Alle benötigten Daten und Algorithmen können über eine gemeinsame Infrastruktur automatisiert geladen werden. Dabei spielt es keine Rolle, ob die Daten von einem Service für weitere Berechnungen oder direkt vom FMIS benötigt werden. Durch die Nutzung unterschiedlicher Services kann das System für

den Landwirt seinen Anforderungen entsprechend zusammengestellt werden. Komplexe oder aufwändige Aufgaben können ausgelagert werden, so z.B. auch das Speichern von Rohdaten oder komplizierte, rechenintensive Auswertungen. Wichtige strategische Zusammenstellungen können durch Kombination unterschiedlicher Datenquellen auch lokal vorgenommen werden, indem die Ausgangsdaten für die Berechnung aus verschiedenen Systemen geladen und dann lokal verarbeitet werden. Durch die Aufteilung der Datenquellen bleibt den einzelnen Dienstleistern die Erkenntnis der Zusammenstellung verborgen. Das System entspricht im Prinzip IT-Systemen in der Industrie. Die lokale Software steuert die Infrastruktur im Hintergrund und bietet dem Benutzer eine integrierte Sicht auf die zugrunde liegenden Daten und Abläufe.

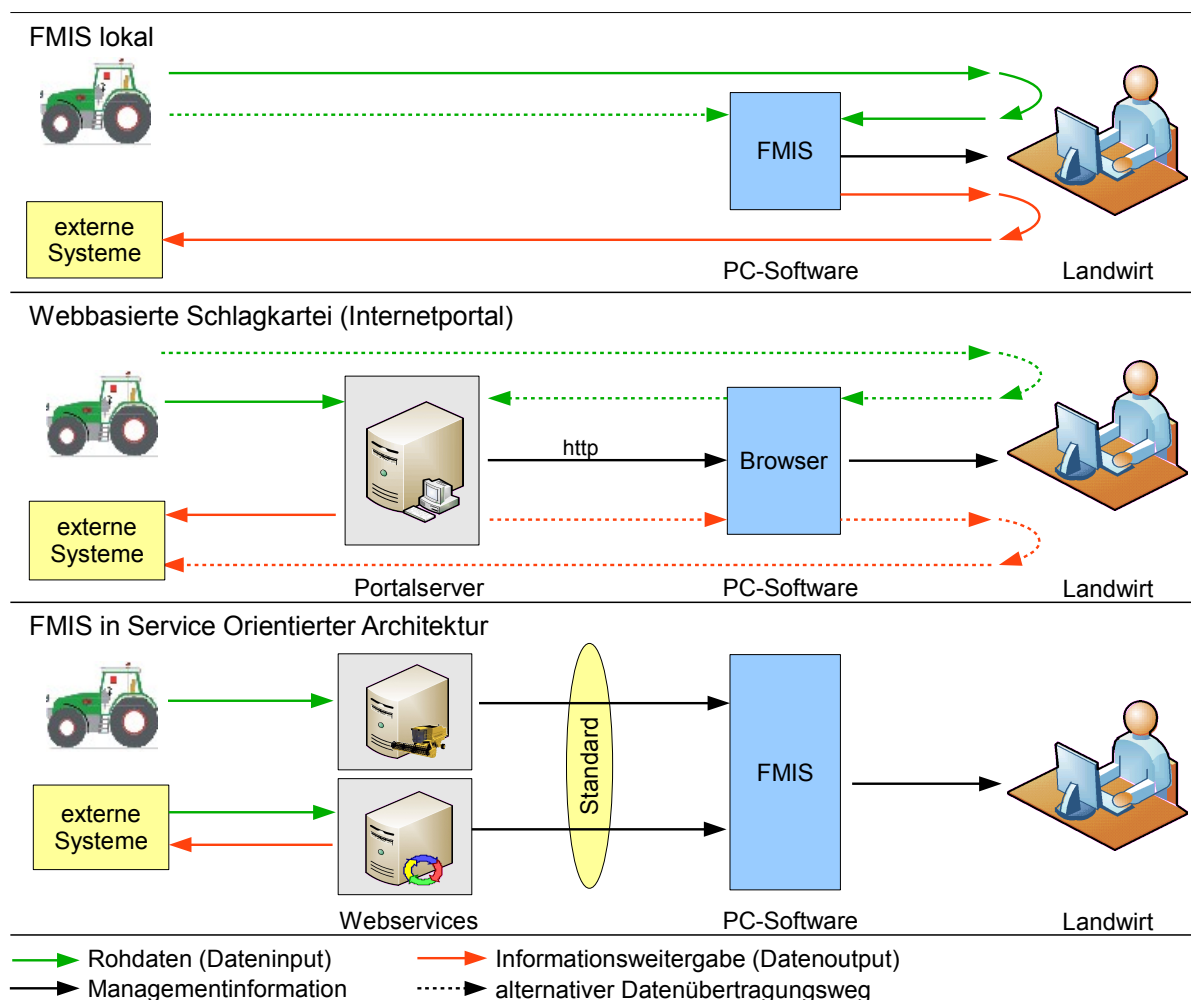


Abbildung 11: Vergleich der Lösungsansätze

In Tabelle 4 sind die wesentlichen Unterscheidungsmerkmale der Ansätze zusammengestellt und bewertet. Da Service Orientierte Architekturen in der Industrie bereits erfolgreich implementiert sind und zahlreiche Vorteile auch ein enormes Potenzial dieses Ansatzes für den Bereich der Landwirtschaft erkennen lassen, wird in dieser Arbeit der dritte Ansatz verfolgt.

Tabelle 4: Vergleich und Bewertung der Lösungsansätze

Bereich	FMIS lokal		FMIS online		Service Orientierte Architektur	
Datenerfassung	direkte Anbindung	0	direkte Anbindung, mobile Anbindung	+	direkte Anbindung, mobile Anbindung	+
Übertragung Rohdaten	nur von von Datenerfassungssystemen, restliche Daten werden direkt im System erfasst.	0	alle lokalen Daten	-	i.d.R. direkt zu den Services	+
Speichern	lokal	0	online	+	online + lokal	+
Archivieren	lokal	-	online	+	online + lokal	+
Aufbereiten	lokal	-	online	+	online + lokal	+
Auswerten	lokal	0	online	+	online + lokal	+
Übertragung Nutzdaten	nicht notwendig	+	alle; per Browser für den User oder als Datei-download	-	nur ausgewählte Daten	0
Präsentation	FMIS	0	Browser	-	FMIS, mobile Endgeräte	+
Nutzung	FMIS, manuelles Dateihandling	0	Browser, manuelles Dateihandling	-	FMIS, automatische Übertragung	+
Sicherheit Zugriff	unkritisch ohne Internetverbindung; bei Verbindung entsprechender Schutz erforderlich	+	grundsätzlich kritisch, allerdings i.d.R. Absicherung durch IT-Spezialisten	0	grundsätzlich kritisch, allerdings i.d.R. Absicherung durch IT-Spezialisten	0
Sicherheit Verlust	kritisch, im Verantwortungsbereich des Landwirts	-	professionelles Backup	+	professionelles Backup, lokale Daten unkritisch, da aus Rohdaten wiederherstellbar	0
Wartung (Updates etc.)	im Verantwortungsbereich des Landwirts	-	durch Dienstleister	+	FMIS durch Landwirt, Services durch Dienstleister	0
Konfigurierbarkeit	Module, Freischaltung, zum Teil nur durch Neuinstallation	0	einfach, durch Administrationsfrontend des Dienstleisters	+	Services vom Landwirt buchbar, Konfiguration notwendig	0
Erweiterbarkeit	auf Softwaremodule des Herstellers eingeschränkt	-	auf Module des Betreibers eingeschränkt	-	Services unterschiedlicher Hersteller buchbar	+

Bewertung: - ungünstig, 0 neutral, + günstig

3.1.3 Aufbau

Aus Sicht des Landwirts stellt sich eine Service Orientierte Architektur für das Betriebsmanagement wie in Abbildung 12 dar. Der Landwirt kann mit dem Betriebs-PC und dem FMIS als Ausgangspunkt aus dem Pool der Services die für ihn interessanten auswählen. Für den Landwirt besteht die Infrastruktur im Prinzip aus den angebotenen Services. Es stehen Funktionen für konkrete Fragestellungen zur Verfügung. Die Komplexität hinter den Services bleibt verborgen. Zum Beispiel kann ein Service der Biologischen Bundesanstalt (BBA) eine Liste der Pflanzenschutzmittel inklusive Informationen, wie der Indikationen, Wartezeiten usw., liefern. Ein anderer Service könnte die benötigten Ertragskarten, ein weiterer Wetterdaten oder Satellitenbilder bereitstellen.

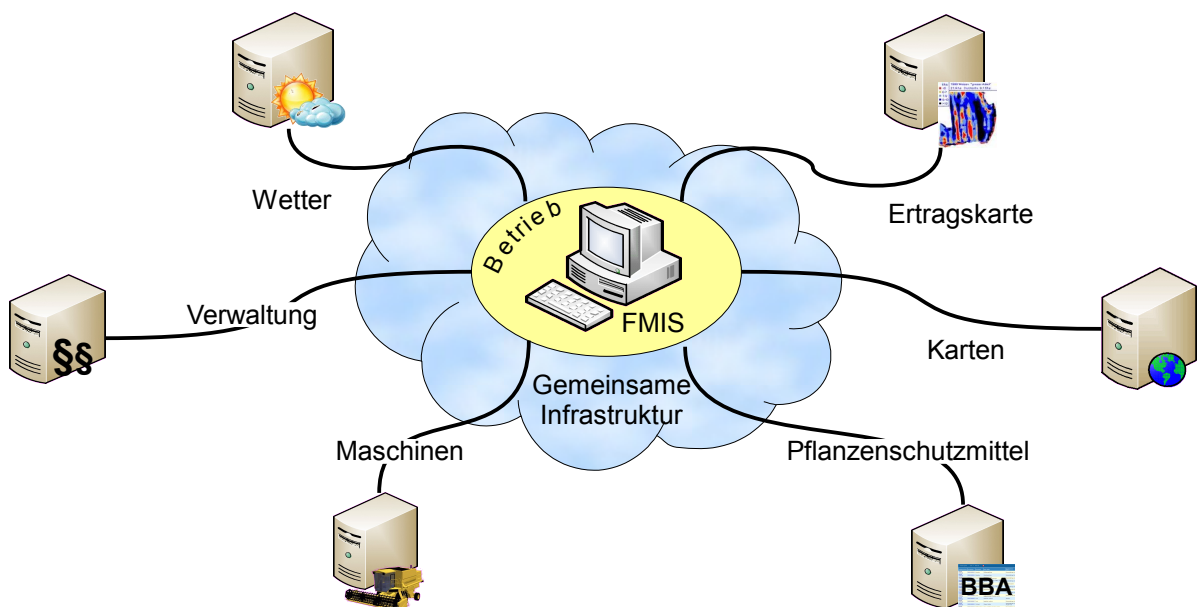


Abbildung 12: Infrastruktur aus Sicht des Landwirts

Von außen betrachtet ist der Landwirt mit seinem FMIS nur ein Teilnehmer. Die verbindende Komponente ist die gemeinsame Infrastruktur. In Abbildung 13 wird deutlich, dass nicht nur der Landwirt auf die verschiedenen Services zugreifen kann, sondern auch Services über die gemeinsame Infrastruktur untereinander in Verbindung stehen können.

Zudem kann ein solcher Service nicht nur ein einfacher Datenlieferant sein, wie das im Fall des Services für die Pflanzenschutzmitteldaten ist. Hinter dem Service kann auch ein komplexes System stehen, für das der Webservice an sich nur das verbindende Glied zur gemeinsamen Infrastruktur herstellt. So kann ein komplettes meteorologisches Messnetzwerk über einen Webservice ständig aktuelle und lokal differenzierte Wetterdaten liefern. Beispielsweise können so die Daten des Agrarmeteorologischen Messnetzes Bayern [Fro01] (www.lfl.bayern.de/agm/start.php) über einen Webservice direkt aktuelle, regionale Wetterdaten für die automatisierte Berechnung des Infektionsdruckes von Krankheiten bereitge-

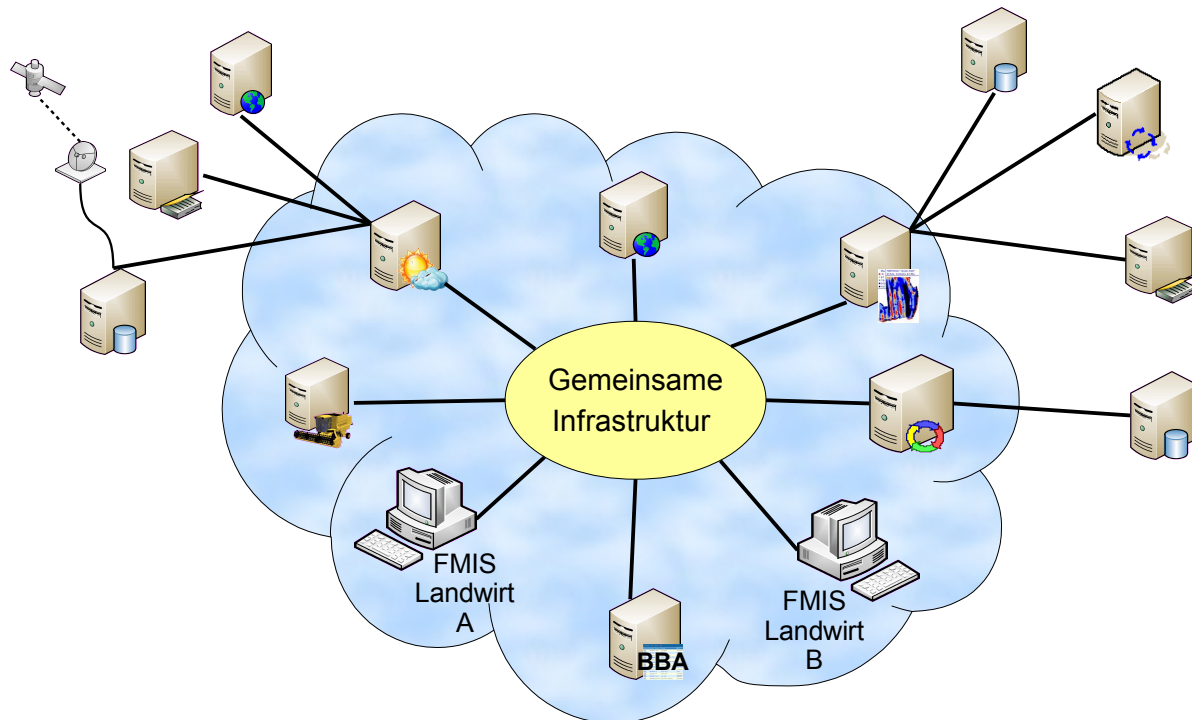


Abbildung 13: Infrastruktur aus externer Sicht

stellt werden. Ein Service für Prozessdaten, der die komplette Datenübernahme und -verarbeitung übernimmt, ist ein ähnliches Beispiel. Durch solche Services können komplette "Datenwelten" außerhalb der direkt an die Infrastruktur angebunden Services integriert werden. Landwirte können so auch Daten an andere Betriebe oder Lohnunternehmer übermitteln.

3.1.4 Komponenten

Für eine Service Orientierte Architektur sind verschiedene Komponenten notwendig, die die Datenübertragung und das Zusammenspiel der unterschiedlichen Teilnehmer gewährleisten. Diese leiten sich aus einer Schnittstelle ab, die zwei unterschiedliche Definitionen beinhaltet: Dies ist zum einen ein Datenformat das für die Übertragung von Daten verwendet wird. Dies schließt in der Regel ein Datenmodell mit ein, das von den Teilnehmern akzeptiert werden muss. Als zweites wird ein Mechanismus für die Datenübertragung festgelegt nach dem der Zugriff auf die Daten erfolgt. Zwar können Format und Zugriffsmechanismus auch für sich definiert werden, für diesen Zweck wird aber eine gemeinsame Standardisierung von Datenformat und Zugriffsmechanismus angestrebt. Diese Schnittstellendefinition an sich ist keine Komponente, im Sinne von Software, sondern gibt den Rahmen für die notwendigen Softwarebausteine vor.

Abbildung 14 zeigt die notwendigen Komponenten der unterschiedlichen Teilnehmer für eine derartige Infrastruktur. Zentrales Element dieses Entwurfes sind Webservices. Ein Webservice kann als eigene Anwendung verstanden werden, der je nach Anwendungsfall

eigene Softwarekomponenten für die Datenhaltung, die Logik und die Steuerung der Applikation bereitstellt. Über einen Serviceadapter, die eigentliche Schnittstelle des Webservices, werden die Mechanismen entsprechend der gemeinsamen Definition bereitgestellt. Dabei kann auch bestehende Software, durch die Implementation eines Serviceadapters und die Veröffentlichung über das Internet als Webservice bereitgestellt werden. Auf der

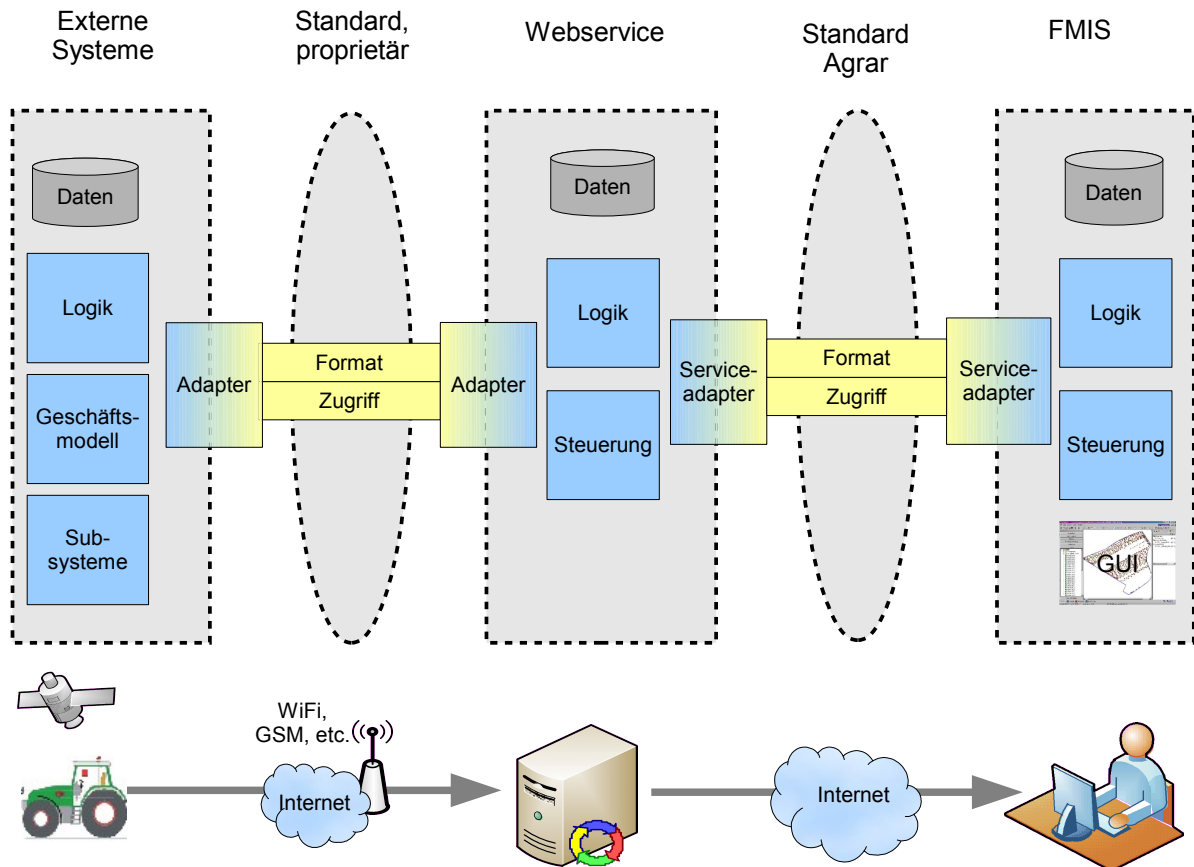


Abbildung 14: Infrastruktur aus technischer Sicht

Gegenseite ist für das FMIS ebenfalls ein Serviceadapter zu implementieren, der die Kommunikation mit dem Webservice auf der Seite der Farmsoftware regelt. Die bisherigen Komponenten des FMIS, wie Datenbank, Logik, Programmsteuerung und Benutzeroberfläche, bleiben vorhanden. Die durch Webservices bereitgestellten Funktionen müssen jedoch integriert werden.

Zudem ist es möglich, über Webservices externe Systeme anzubinden, die so für die Nutzung durch den Landwirt erschlossen werden können (Abb. 14 links). Ein spezieller Adapter sorgt für die Verbindung zum externen System. Dies kann ebenfalls über eine Webserviceschnittstelle erfolgen, kann aber auch manuell oder über proprietäre Mechanismen erreicht werden. Die diesem System zur Verfügung stehenden Daten und Funktionen können

so definiert bereitgestellt werden. So ist es möglich, die Daten eines komplexen Systems, wie z. B. eines Netzes an Wetterstationen, ohne manuelle Datenverarbeitungsschritte zum Landwirt oder anderen Services zu bringen. Auch die Anbindung von konkreten Dienstleistungen, wie die Beauftragung von Lohnunternehmern, kann so realisiert werden. Dabei bleiben die Aufgaben der Wartung von Software und Hardware jeweils in den Grenzen des Diensteanbieters.

3.2 Methoden für einen Prozessdatenservice

Innerhalb des Rahmens der im Vorhergehenden vorgeschlagenen Infrastruktur werden nun die Methoden speziell für die Integration von Prozessdaten dargestellt. Damit wird eine wichtige Datenquelle für Precision Farming erschlossen und gleichzeitig kann das definierte Infrastrukturkonzept ergänzt werden. Dazu werden im Folgenden Konzeption und Implementierung eines landwirtschaftlichen Prozessdatenservices dargestellt.

Die für die Integration der Prozessdaten notwendige Komponente im Gesamtsystem ist ein Service. Dieser Service soll die bei der Arbeitserledigung mit Maschinen entstehenden Prozessdaten analysieren, aufbereiten und an einer definierten Schnittstelle zur weiteren Nutzung innerhalb der Infrastruktur zur Verfügung stellen. Das übergeordnete Ziel ist dabei, immer den Datenfluss für Precision Farming (Abb. 7) sicherzustellen und für die Gewährleistung des Rückflusses der Information von der Ausführung der Arbeiten über die Entscheidungsfindung bis hin zur Integration der gewonnenen Information in die Ausführungspläne nachfolgender Maßnahmen zu sorgen.

Zunächst wird auf die Bedeutung und die speziellen Eigenschaften von Prozessdaten eingegangen. Anschließend soll die Entwicklung der Prozessdatenerfassung und -verarbeitung anhand der Forschungsarbeiten am Lehrstuhl für Landtechnik der Technischen Universität München am Wissenschaftszentrum Weihenstephan skizziert werden. Daraus abgeleitet werden Aufgaben und daraus resultierende Anforderungen für einen Prozessdatenservice konkretisiert.

Vor der Implementierung eines Systems gilt es zunächst den Datenfluss festzulegen, um daraus die nötigen Komponenten herzuleiten. Für diese Komponenten werden geeignete Technologien ausgewählt und mit deren Hilfe der Prozessdatenservice implementiert. Test und Entwicklung erfolgen mit den Daten aus den Projekten preagro und IKB.

3.2.1 Prozessdaten im Kontext Landwirtschaft

Ein Prozessdatum ist eine Größe, die für einen bestimmten Zeitpunkt oder Zeitraum einen Zustand eines Prozesses beschreibt. Dies können sowohl die Daten eines Gerätes bei der Durchführung eines Arbeitsprozesses auf einem Schlag als auch beispielsweise Wachstumsdaten von Pflanzen ohne dem Stattfinden einer konkreten Maßnahme sein. In dieser Arbeit wird der Begriff der Prozessdaten im Zusammenhang mit der Arbeitserledigung mit Maschinen verwendet.

Je nach Anwendungsfall werden die von einem oder mehreren Sensoren erfassten physikalischen Größen direkt in Werte verrechnet, die für den Prozess interessant sind. Es wird also nicht nur z. B. eine Spannung angezeigt, sondern, beispielsweise im Falle einer DMS-Applikation, direkt über ein Sensorsystem eine Zugkraft ausgegeben. Ein Beispiel für die Verwendung mehrerer Sensoren für eine Größe ist die Berechnung der Applikationsmenge in kg/ha aus den Werten der Arbeitsbreite und -geschwindigkeit, sowie den Umdrehungen eines Dosiergerätes.

Bei stationären Produktionslinien in der Industrie ist der Standort einer Maschine, die Daten liefert klar und so ist auch eine Zuordnung zu den Produktionseinheiten möglich. In der Landwirtschaft - im Speziellen in der Pflanzenproduktion - bewegt sich die Maschine zur Bewirtschaftungseinheit. Somit ist es unerlässlich, jedem Prozessdatum nicht nur eine Zeit, sondern auch einen geographischen Ort zuzuordnen, über den die entsprechende Produktionseinheit identifiziert werden kann. Ansonsten sind die Daten nahezu bedeutungslos [GHB96].

3.2.2 Bedeutung von Prozessdaten

Prozessdaten aus der Arbeitserledigung mit Maschinen sind eine wichtige und in vielen Fällen „quasi kostenlose“ Datenquelle, da die Daten durch das Vorhandensein von Sensoren und die Notwendigkeit für die Steuerung bereits auf der Maschine verfügbar sind. Diese Datenquelle gilt es für die Betriebsführung zu erschließen. Ihre Erfassung wird als „erste Voraussetzung“ für die teilflächenspezifische Bewirtschaftung gesehen [RA04a] und gilt als Schlüsselanwendung für die Rückverfolgbarkeit [Aue02c]. Im Precision Farming wird der Datenerfassung die wichtigste Rolle der Applikationen zugestanden [Aue02c]. Besonders wichtig ist auch eine weitgehende Automatisierung der Erfassung, Speicherung und Verarbeitung. Dies ist ein wesentlicher Schritt zur Praxiseinführung von Precision Farming [Lan04].

Die Anwendbarkeit der aus der Analyse solcher Daten gewonnenen Information erstreckt sich über ein breites Spektrum an Anwendungsfällen. Beispiele dafür sind in Tabelle 5 aufgelistet.

Tabelle 5: Beispiele für mögliche Anwendungsbereiche von Prozessdaten

Gebiet	Prozessgrößen	Ergebnis	Nutzen
Precision Farming	Applikationsmenge	Applikationskarte as applied	Dokumentation
Precision Farming	Erntemenge	Ertragskarte	Unterschiede sichtbar machen, teilflächenspezifische Berechnungen, Planungsgrundlage für weitere Jahre
Dokumentation	Arbeitskraft	Arbeitszeit	Abrechnung, Nachweis
Arbeitswirtschaft	Arbeitsstatus	Planzeiten	Planung, Optimierung
Management	Maschinen	Arbeitszeit, Anfahrtszeit	Abrechnung
Management	Applikationsmenge	Summen pro Auftrag	Abrechnung
Flottenmanagement	Auftragsdaten	Einsatzstatistik	Optimierung
Rückverfolgbarkeit	Maßnahmen	Produktionsjournal	lückenlose Dokumentation

Wie in der Industrie sind Prozessdaten Ausgangspunkt für unterschiedlichste Analysen und Berechnungen. Auf unterschiedliche Anwendungsfälle zugeschnitten kann durch zielgerichtete Verarbeitung der Daten wichtige Information für das Betriebsmanagement generiert werden. Es können einzelne Größen berechnet werden, die den Betriebsleiter direkt bei der Entscheidungsfindung unterstützen. Aber auch komplexere Auswertungen und Karten sind Hilfen, die bei weiteren Berechnungen als Eingangsgrößen für weitergehende Modelle und Analysen eingesetzt werden.

Zusätzlich zu diesen Aspekten kann der Prozess der Integration der Prozessdaten in den Informationsfluss im Pflanzenbau als Vorbild zur Erschließung weiterer Datenquellen dienen. So lassen sich aus dieser Testphase Hinweise für das weitere Vorgehen beim Design einer allgemeinen Infrastruktur gewinnen.

3.2.3 Prozessdaten in der landwirtschaftlichen Praxis

In der Praxis finden zwar zunehmend mobile Komponenten von Schlagkarteien anklang; Systeme zur automatischen Prozessdatenerfassung im Pflanzenbau sind aber bisher eher die Ausnahme. Zwar sind Ertragsmesssystem auf Mähdreschern als eine spezialisierte Form von automatischen Datenerfassungssystemen mittlerweile weit verbreitet, umfassende Systeme, die nicht nur die automatische Erfassung der Ernte abdecken, sind aber nur vereinzelt im Einsatz. Diese Systeme unterscheiden sich jedoch oft prinzipiell. Deshalb sollen an dieser Stelle einige Systeme beispielhaft kurz vorgestellt werden:

Field Doc (John Deere): Die Datenerfassung erfolgt über ein Terminal in der Kabine des Traktors. Dabei können nur John Deere Traktoren verwendet werden, da die Kommunikation über den internen BUS des Traktors läuft. Die Daten werden auf einer Speicherkarte aufgezeichnet und können damit in die Software JDOOffice von Landdata Eurosoft übertragen werden (Abb. 15). Eine Auftragsbearbeitung ist möglich. Die

Zuordnung zu Schlägen erfolgt ausschließlich über die Angabe eines Schlages im Auftrag. Die Erfassungsrate ist von ein bis fünf Sekunden einstellbar.

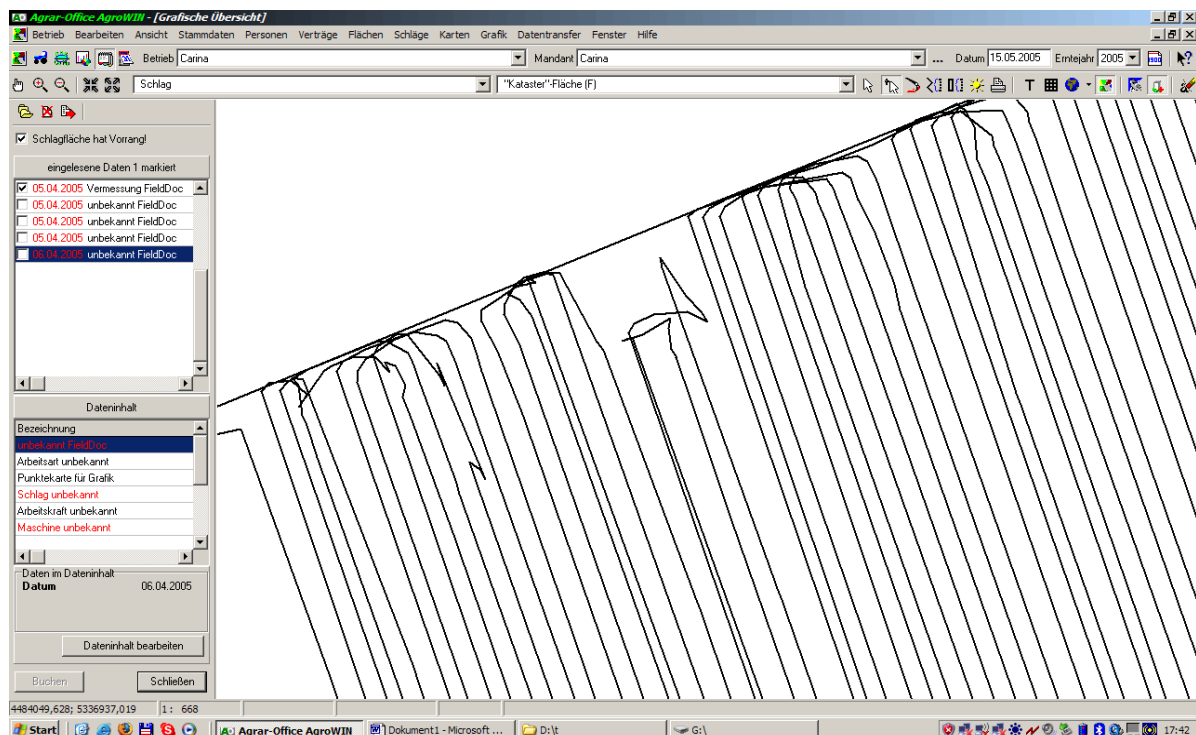


Abbildung 15: Daten aus FieldDoc in JDOOffice [Fri06]

MoDaSys (AGCO Fendt, Riegger Telemetrie Systeme): Das System kann ausschließlich mit Traktoren der Marken MF und Fendt verwendet werden, da diese auf dem internen BUS mit dem selben Kommunikationsprotokoll arbeiten. An diesem BUS wird ein Embedded Controller angeschlossen. Es besteht keine Verbindung zu einem Terminal und damit existiert auch keine graphische Benutzerschnittstelle auf der Maschine. Das System stammt ursprünglich aus der Datenaufzeichnung in Baumaschinen (Riegger Telemetrie Systeme). Die Daten werden automatisch aufgezeichnet. Die Konfiguration erfolgt mit einer speziellen Software über einen PC, der per Bluetooth mit dem Controller verbunden werden kann. Für die Erfassung können zwei Frequenzen abhängig von der Geschwindigkeit des Traktors vorgegeben werden. Die Datenübertragung ist je nach Ausbaustufe per Bluetooth an einen Handheld oder einen Rechner auf dem Betrieb oder per GSM-Datenverbindung über Mobilfunk möglich. Die Daten können dann mit dem vorgesehenen Programm bearbeitet oder in eine Schlagkartei zur weiteren Verwendung importiert werden (Abb. 16). Einige Schlagkarteiersteller haben spezielle Schnittstellen für die proprietären *.C2C-Dateien aus MoDaSys implementiert. Die Zuordnung der Daten zu Schlägen oder Aufträgen muss dann per Hand erfolgen. Graphische Auswertungen einzelner Größen sind möglich. Das System erfasst nur Daten des Traktors, die fest einprogrammiert sind. Pro Datensatz wird in die Datendatei eine Zeile geschrieben.

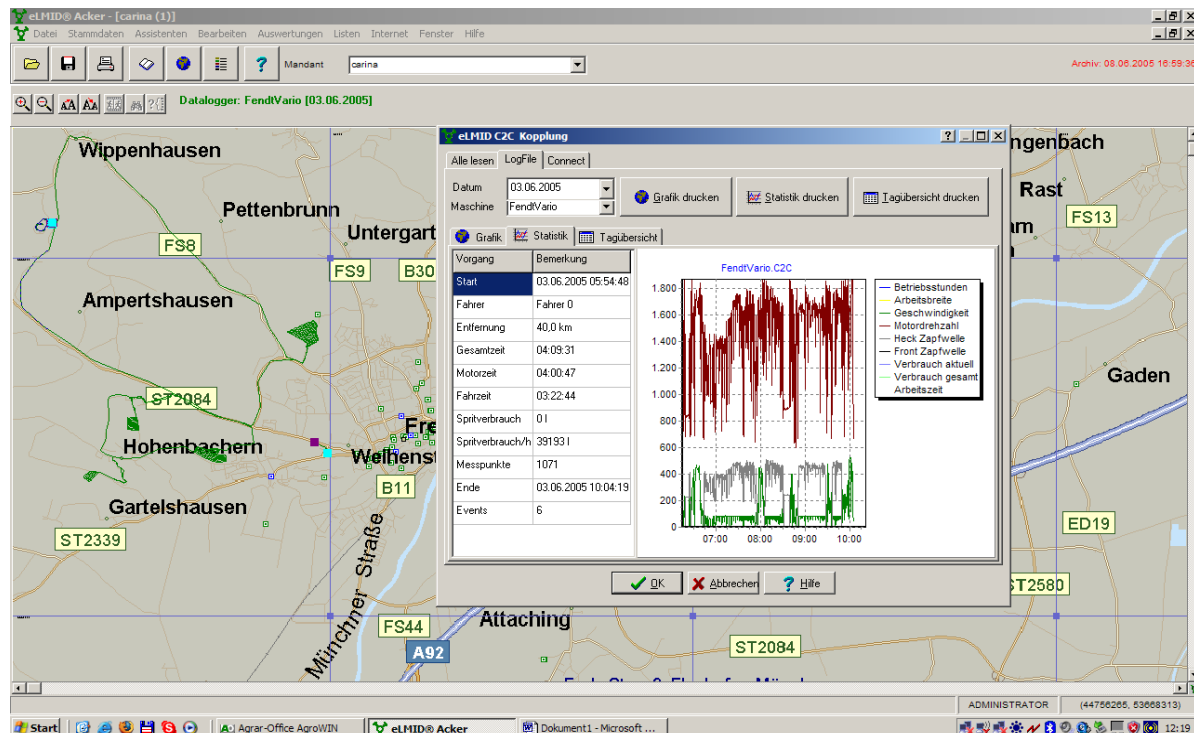


Abbildung 16: Daten von MoDaSys in eLMID Acker [Fri06]

Forsy [Hol06]: Bei diesem System handelt es sich hauptsächlich um eine Anwendung, die ihren Fokus im Bereich der Einsatzkontrolle und auch der Diebstahlsicherung hat. Auf der Maschine wird eine Art „Blackbox“ installiert. Diese speichert in Verbindung mit einem GPS-Receiver und zusätzlichen Sensoren Informationen wie Uhrzeit, Position, Motor an/aus oder Fahrgeschwindigkeit. Diese Daten können über eine mobile Datenverbindung (z. B. GSM) abgerufen werden. Der Zugriff dazu erfolgt über den Server des Herstellers dieses Systems. Mit Hilfe einer passwortgeschützten Webseite kann der Landwirt oder Lohnunternehmer auf die Daten zugreifen. Diese werden in Tabellenform oder als Fahrspuren auf einer Karte dargestellt. Auf dem PC des Landwirts muss deswegen keine Software installiert werden. Zusätzlich können Ereignisse definiert werden, bei denen ein Alarm ausgelöst wird. Beispielsweise wird die Diebstahlsicherung über die Definition eines zulässigen Gebietes realisiert, bei dessen Überschreitung entsprechende Warnmeldungen automatisiert ausgegeben werden. Das System an dieser Stelle gegenüber Telemetriesystemen abzugrenzen ist schwierig (siehe auch 2.1.4.1.3, 2.1.4.1.6)

AutoDoc (Landdata Eurosoft): Hier handelt es sich ursprünglich um ein Datenerfassungssystem der Firma DataFox, das entsprechend der Einsatzmöglichkeiten aus der Industrie durch Landdata Eurosoft für den Einsatz in der Landwirtschaft angepasst wurde. Über die Schlagkartei können die Auftragsdaten synchronisiert werden. Das mobile Gerät verfügt über einen Barcodescanner, mit dem Betriebsmittel oder gedruckte Aufträge ohne Suche im Menü identifiziert und angewählt werden können. Über eine spezielle Fahrzeughalterung kann das System mit einem GPS-Receiver

und Sensoren am Fahrzeug verbunden werden und so zusätzliche Daten von Fahrzeugen erfassen, wie z. B. Geschwindigkeit, Position, gefahrene Kilometer (siehe auch Abb. 3). Die Daten lassen sich direkt in die Schlagkartei integrieren.

Die Unterschiede dieser Systeme lassen sich zum großen Teil aus ihrer Herkunft oder Entstehungsgeschichte begründen. Mobile Erweiterungen von Schlagkarteien haben in der Regel eine Schwäche in der Datenerfassung. FieldDoc kann diese Schwäche durch die Bereitstellung der Komponenten (Traktor, Terminal, Software) aus einer Hand ausgleichen. Datenerfassungssysteme, die direkt aus der Maschinendatenerfassung kommen (Bsp. MoDaSys), verfügen über konfigurierbare Erfassungsmöglichkeiten und sichere und komfortable Wege der Datenübertragung. Oft ist auch eine gute Software zur Auswertung der Maschinendaten vorhanden. Trotz entsprechender Importschnittstellen gestaltet sich eine echte Integration der Daten z. B. in die Schlagkartei schwierig. Systeme aus der Industrie zeigen ihre Stärken in der Erfassung von Arbeitszeiten und Aufträgen und auch den komfortablen Möglichkeiten zur Erfassung von Zusatzinformation, wie z. B. Betriebsmitteln per Barcode. Eine detaillierte Erfassung von unterschiedlichen Maschinendaten, wie Kraftstoffverbrauch ist bei den vorgestellten Systemen nur im Einzelfall möglich. Nur eines der Systeme kann Daten der angebauten Geräte erfassen, da keine standardisierten Schnittstellen verwendet werden. Lediglich Field Doc kann Daten von angebauten John Deere Geräten über ein proprietäre Schnittstelle erfassen. Auch bei der Übertragung der Daten zum Betriebsmanagement werden keine standardisierten Schnittstellen genutzt.

3.2.4 Entwicklung und aktueller Stand der Prozessdatenerfassung und -verarbeitung in der Forschung

Seit dem Einzug der Elektronik in Landmaschinen stehen vermehrt Messwerte verschiedener Sensoren direkt auf der Maschine zur Verfügung. Diese Größen (z. B. Spannungen, Drücke, Winkel) wurden zunächst nur innerhalb geschlossener Regelkreise verwendet. So zum Beispiel bei der Elektronischen Hubwerksregelung (EHR). Durch die Installation zusätzlicher Sensoren lässt sich dann auch z. B. die Arbeitsstellung von Geräten erfassen. Durch die Nutzung entsprechender Schnittstellen können diese Daten im laufenden Betrieb aus der Maschinenelektronik ausgelesen werden. In der Regel geschieht dies, indem mit einer vorgegebenen Frequenz ein Datensatz mit Uhrzeit und den in diesem Moment vorliegenden Sensorwerten mit Hilfe eines Datenloggers in eine Datei geschrieben wird. Diese Art der Aufzeichnung erlaubt jedoch aufgrund des Zeitstempels nur ablaufbasierte Analysen der Daten. Voraussetzung für eine weitergehende Datenauswertung ist jedoch auch die Kenntnis des geographischen Ortes der Maschine zum Zeitpunkt der Aufzeichnung.

Ein erstes System wurde auf einer Maschinenkombination aus Traktor und Rundballenpresse implementiert [Wil98]. Als problematisch wurden die enorme Datenmenge und die aufwändige Analyse im Postprocessing angesehen. Dieser Ansatz war aufgrund der speziellen Anpassung des Erfassungssystems und auch der Auswertung auf diese Gerätekom-

bination nicht übertragbar. Diesem Umstand kann mit der Nutzung standardisierter Übertragungswege zwischen Traktor und Gerät begegnet werden. Das Landwirtschaftliche BUS-System LBS [DIN9684], [Aue89] stellt ein solches System dar. Mit der standardisierten elektronischen Kommunikation zwischen Traktor und Gerät sowie der Einbeziehung der Positionsermittlung durch die Nutzung eines Global Navigation Satellite Systems (GNSS), wie es z. B. das Global Positioning System (GPS) NAVSTAR ist, „sind nicht nur die Voraussetzung für eine zukunftsorientierte Prozesssteuerung, sondern auch für eine umfassende automatisierte Betriebsdatenerfassung geschaffen worden“¹⁹ [Dem00]. Deswegen bezeichnet [Aue00b] LBS und GPS „als Schlüsseltechnologien für die Prozesssteuerung im Pflanzenbau“ und damit für Precision Farming. Ein erstes Datenerfassungssystem mit LBS wurde in [ADS00] vorgestellt (Abb. 17).

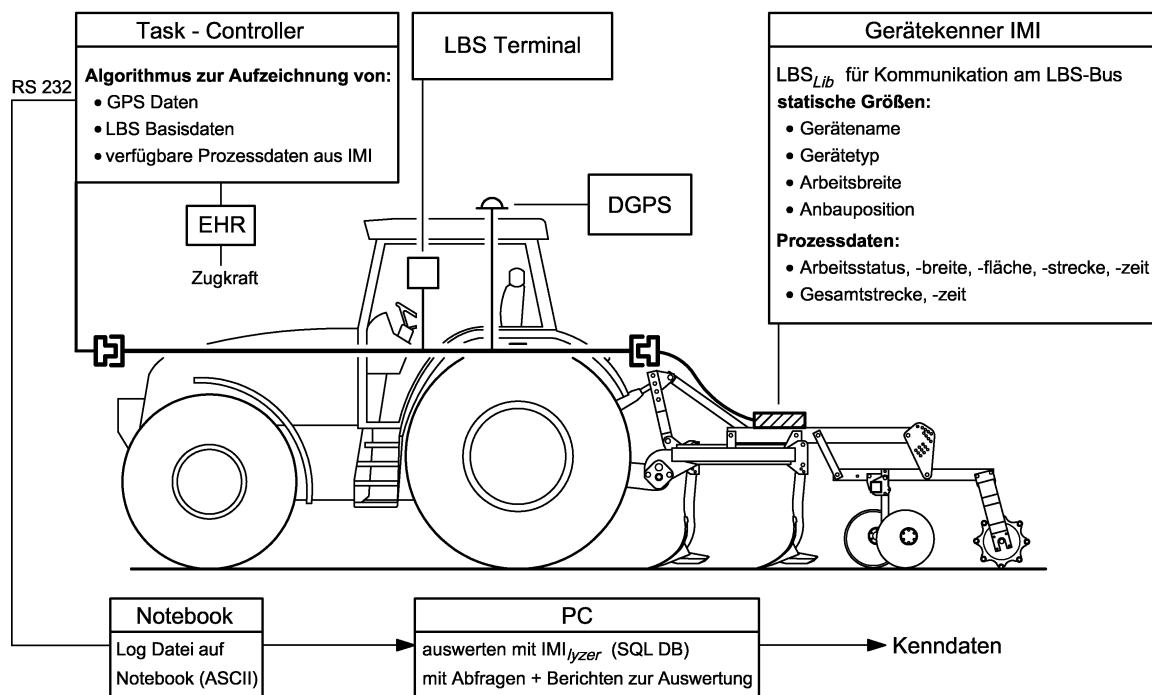


Abbildung 17: Systemkonfiguration für die Automatische Prozessdatenerfassung mit LBS[ADS00]

Die Vollständigkeit der Datenerfassung ist für Qualität und Aussagekraft der Datenanalysen von entscheidender Bedeutung. Deswegen wurde, wie in Abbildung 17 ersichtlich, ein Implement Indikator (IMI) [AOR98] für Geräte ohne eigene Elektronik entwickelt, der eine Identifikation des Geräts mit wichtigen Gerätegrunddaten, wie z. B. der Arbeitsbreite, als BUS-Teilnehmer zur Verfügung stellt [ADSE02]. Damit lässt sich sicherstellen, dass alle Anbaugeräte - auch solche ohne eigene Elektronik - zur Vollständigkeit der Datenerfassung beitragen.

Bei der Genauigkeit der Positionierung für die Dokumentation wird ein Meter als ausreichend erachtet [AS99]. Diese wird in der Regel auch erreicht, da die Fahrzeugführung bereits Genauigkeiten von 10 cm braucht und diese zunehmend auf Traktoren im Einsatz ist.

Parallel zur Entwicklung der Erfassungsmechanismen wurden auch Methoden für die Datenanalyse entwickelt. Ein erstes System basierte auf dem Datenbankmanagementsystem Microsoft Access [Rot01]. Die Prozessdaten werden zunächst über den in Access integrierten Importassistenten in eine temporäre Tabelle geladen. Verschiedene Algorithmen in Form von Abfragen befüllen daraus dann die Haupttabelle und ergänzen weitere Informationen. Die Schlagzuordnung erfolgt über ein externes Programm, das über ein Makro angesteuert wird. Über weitere hierarchisch aufgebaute Abfragen (Abb. 18) werden dann Kenngrößen errechnet. DEMMEL et al. (2001) [DRSA01] unterscheiden dabei:

- Zeit-Weg bezogene Größen,
- Betriebsmittel bezogene Größen,
- Technik bezogene Größen.

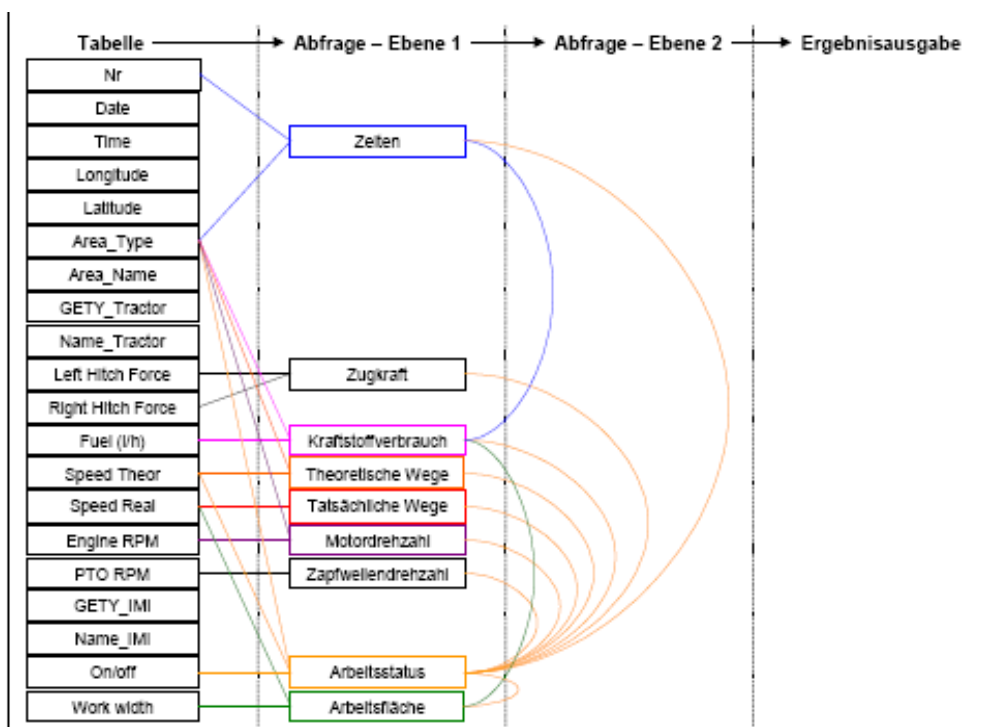


Abbildung 18: Bildung von Kenngrößen aus automatisch erfassten Prozessdaten [DRSA01]

In Abb. 19 ist eine Übersicht verschiedener berechneter Größen für eine Maßnahme dargestellt.

Datum	Startzeit	Stopzeit	Schlag	Traktor	Gerät	Maßnahm
30.04.2001	19:45 Uhr	20:30 Uhr	TH01	MB-trac	Exaktstreuer	Düngen
Benötigte Zeit auf dem Feld						
Gesamt	Arbeit	Wenden	Stand	Zeit/Fläche		
4,11 km	81 %	19 %	16 %	0,10 h/ha		
Zurückgelegter Weg auf dem Feld						
Gesamt	Arbeit	Wenden	Weg/Fläche			
4,11 km	81 %	19 %	0,71 km/ha			
Arbeitsgeschwindigkeit			Zapfwellengeschwindigkeit Arbeit			
Mittel	Standardabweichung		Mittel	Standardabweichung		
9,26 km	2,27 km/h		450 min ⁻¹	61 min ⁻¹		
Bearbeitete Fläche			Applizierte Menge			
Summe			Summe	Mittel	Stand. abw.	
4,75 ha			915,6 kg	203,4 kg/ha	34,9 kg/ha	

Abbildung 19: Ergebnis einer Auswertung automatisch erfasster Prozessdaten [RDA02]

Die Auswertung kann unter verschiedenen „Blickwinkeln“ erfolgen, wie

- Auftrag,
- Verfahren,
- Maschine,
- Schlag.

Die Präsentation der Ergebnisse erfolgt in Form von Formularen und Berichten. Über einen Exportmechanismus können Daten ausgewählt und an einer Schnittstelle als CSV-Datei ausgegeben werden. Auf diese Weise können über eine weiterführende manuelle Bearbeitung der Daten auch georeferenzierte Darstellungen von Maßnahmen in einem GIS erstellt werden.

Begründet durch die enorme Menge an Daten und die teilweise komplexen Auswertungsmechanismen stellte sich dieses auf Access basierende System schließlich als zu wenig leistungsfähig heraus. ROTHMUND (2001) schlägt vor, Datenhaltung und -auswertung auf einen Server mit leistungsfähiger Hardware und Datenbank auszulagern [Rot01].

Diese Schlussfolgerungen münden in die Entwicklung eines webbasiertes Informationsmanagementsystems für Prozessdaten [RA04b]. Hier werden die Daten zunächst am Betriebs-PC eingelesen und nach einer Vorverarbeitung an einen Server übertragen. In diesem „Online Data Management System“ werden die Daten in vier Schritten verarbeitet [RDA03]: Zunächst erfolgt die Zuordnung jedes einzelnen Datenpunktes zu einem Schlag über die Positionsdaten, dann werden die Daten anhand verschiedener Kriterien wie Schlägen oder Maschinen gruppiert und dieser Gruppierung entsprechend zu „Jobs“ zugeordnet. Die jobspezifische Analyse der Daten erfolgt erst bei Zugriff durch den Nutzer durch weitere Gruppierungen. Der Zugriff ist über eine dynamische Webseite realisiert, die verschiede-

ne Möglichkeiten der Visualisierung zur Verfügung stellt. Der Datenexport ist über ein proprietäres, zeilenbasiertes Schnittstellenformat gelöst, das in einem Header Metadaten beinhaltet. Mit dem Ziel auf ein standardisiertes Datenformat hinzuwirken, stellte BETZ (2005) das XML-basierte Format „APDEXML“ vor [Bet05]. Der Datenfluss und die Komponenten dieses Systems aus [RDA03] sind in Abbildung 20 dargestellt.

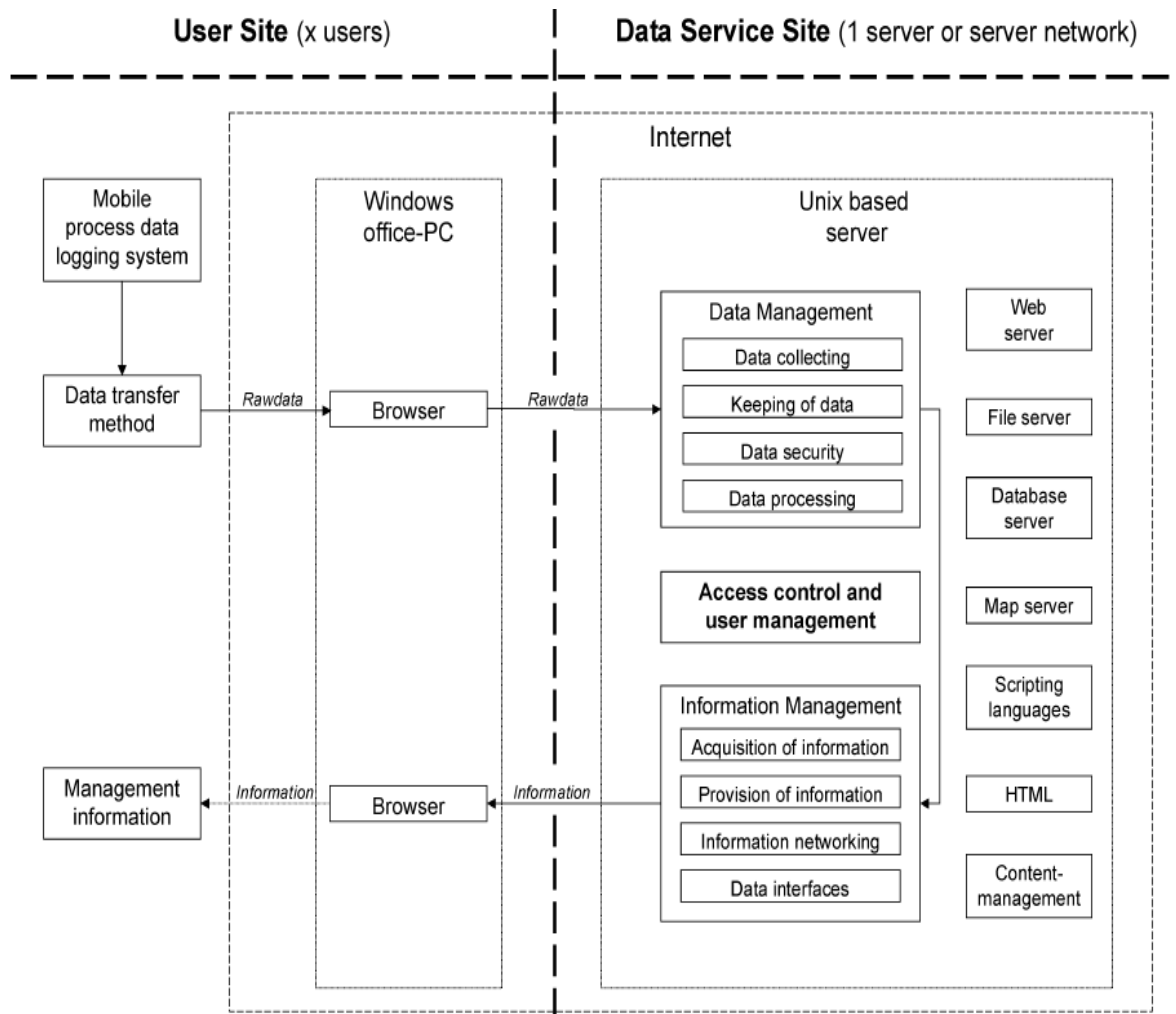


Abbildung 20: Datenfluss und Komponenten eines webbasierten Informationsmanagementsystems für Prozessdaten [RA04b]

LINSEISEN (2000) [Lin02a] verwendet diese Prozessdaten als Datenquelle für ein Management-Informationssystem für Entscheidungen im Precision Farming. Der Fokus dieses Systems liegt auf der Stickstoffdüngung mit dem Sensoransatz mit Kartenüberlagerung für das Forschungsprojekt „Informationssystem kleinräumige Bestandesführung Dürnast“ (IKB). Die Software ist für den Büro-PC bestimmt.

Einen ökonomisch geprägten Ansatz für die Nutzung der Daten aus der automatischen Prozessdatenerfassung stellt das Leistungs-Kostenrechnungsmodell zur Auswertung kleinräumiger Daten (SISCA) dar [Aug01]. Hier ist die Integration von Prozessdaten eine Vor-

aussetzung, um eine teilfachenspezifische Berechnung ökonomischer Kenngrößen, wie dem Deckungsbeitrag, zu ermöglichen.

Im aktuellen Stand in der Forschung bei der Nutzung von Prozessdaten wird vor allem der Aspekt der Nutzbarkeit für Precision Farming berücksichtigt. Dieser Aspekt spielt bei den vorhandenen Praxisanwendungen eine untergeordnete Rolle. Allerdings werden auch in der Forschung proprietäre Datenformate in Kombination mit vielen manuellen Datenverarbeitungsschritten verwendet. Damit werden die grundlegenden Hemmnisse aus 2.1.4.2 auch in der Forschung bestätigt. Die Anforderungen für künftige Informationsmanagementsysteme aus 3.1.1 sind also nicht erfüllt.

3.2.5 Konzeptionelles Modell des Prozessdatenservice

Die Vorgaben aus dem Gesamtmodell für das Informationsmanagement gilt es nun mit dem eben vorgestellten aktuellen Stand im Umgang mit Prozessdaten zusammenführen. Der zu entwickelnde Service hat die Aufgabe, Prozessdaten für das Betriebsmanagement in Übereinstimmung mit dem Gesamtkonzept für den Anwender zur Verfügung zu stellen und so den Aufbau des Informationskreislaufs für Precision Farming technisch zu unterstützen.

Die Aufgaben eines Prozessdatenservice im Einzelnen sind:

- Aufnahme aller Prozessdaten, die auf den Maschinen eines Betriebes anfallen,
- Speichern und Archivieren dieser Daten,
- Auswertungen und Analysen, Generieren von entscheidungsrelevanter Information,
- Bereitstellung der Auswertungen und Daten an einer standardisierten Schnittstelle mit der Möglichkeit zum automatisierten Zugriff unabhängig von Zeit und Ort.

Zunächst muss ein Konzept für ein System entwickelt werden, das für die Erfüllung dieser Aufgaben geeignet ist. Dabei sind die bisherigen Entwicklungen mit einzubeziehen. Für die daraus resultierenden Komponenten werden dann Anforderungen definiert, die der Ausgangspunkt für die Implementationsphase sind.

Die Ansätze für einen Informationsfluss leiten sich zum einen aus der in 3.1 definierten Infrastruktur und zum anderen aus der Entwicklung der Systeme zur Datenerfassung und -verarbeitung ab.

Lokale Lösungen auf dem PC des Landwirts, wie es das Programm IMIlyzer [Rot01] ist oder auch die Praxislösungen in Schlagkarteien darstellen, scheiden dabei aus. Durch fehlende standardisierte Schnittstellen und Vernetzung kann die Information nicht in eine gemeinsame Infrastruktur eingebracht werden. Es kommt also nur eine webbasierte Lösung in Frage. Auch die Festlegung auf ein servicebasiertes Modell erfordert die Umsetzung als webbasiertes System, wie dies auch im Gesamten in 3.1.2.4 dargestellt wurde.

Dadurch lassen sich auch weitere Vorteile realisieren [AR04], [RA04b]:

- geringerer Zeitbedarf für den Nutzer,
- unkomplizierte und zeitnahe Updates,
- Schutz vor Bedienfehlern,
- Schutz vor Datenverlust,
- Datenvernetzung.

Als eher problematisch wird der Bereich des Schutzes vor unberechtigtem Zugriff angesehen. Dem müssen allerdings die vielen Anwendungen großer Unternehmen gegenüber gestellt werden. Auch hier geht es in besonderer Form um sensible Daten, die vor unberechtigtem Zugriff zu schützen sind. Die IT-Systeme in diesen Unternehmen sind aber durchaus in der Lage, diesen Anforderungen gerecht zu werden. Es kann also davon ausgegangen werden, dass Lösungen in der IT vorhanden sind. Diese müssen allerdings konsequent eingesetzt werden.

3.2.5.1 Modell

Die einzelnen Arbeitsschritte für die Integration von Prozessdaten müssen entsprechend den Vorgaben der gesamten Infrastruktur auf unterschiedliche Komponenten aufgeteilt werden. In Anlehnung an den allgemeinen Aufbau einer generellen Infrastruktur (siehe auch Abb. 14) wird ein Aufbau wie in Abbildung 21 vorgeschlagen.

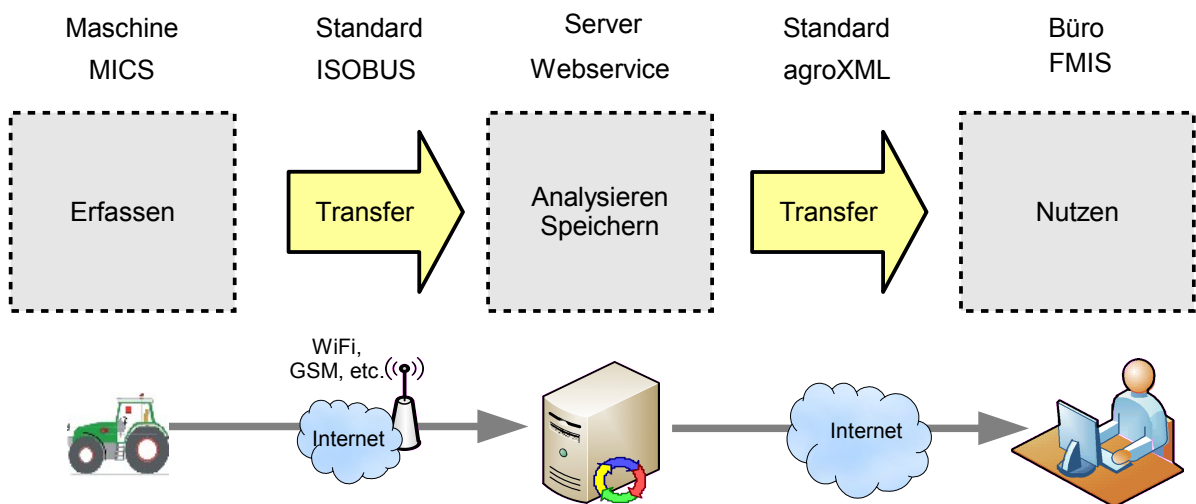


Abbildung 21: Aufbau und Datenfluss des Prozessdatenservice

Die Datenerfassung erfolgt auf der Maschine. Über eine standardisierte Schnittstelle werden die Daten an den Prozessdatenservice übertragen. Dort werden die Daten verarbeitet und gespeichert. Zusätzlich können weitergehende Auswertungen vorgenommen werden. Die Daten werden soweit aufbereitet, dass sie über eine weitere Schnittstelle an den Nut-

zer der Information übertragen werden können. Hierfür können unterschiedliche Mechanismen genutzt werden.

3.2.5.2 Komponenten

Für die Umsetzung eines kompletten Prozessdatenservice ist auch die Funktionsfähigkeit des notwendigen Vorsystems, der Prozessdatenerfassung, notwendig. Weiter sind die verschiedenen Bestandteile zu definieren und entwickeln, die die einzelnen Arbeitsschritte bis hin zur Bereitstellung der Daten übernehmen.

3.2.5.2.1 Datenerfassung

Für die Datenerfassung soll der ISOBUS-Standard genutzt werden. So ist auf der einen Seite eine problemlose Integration des Datenerfassungsgeräts in die mobile Arbeitseinheit möglich. Durch die Kommunikationsmechanismen werden automatisch alle Teilnehmer am ISOBUS zu Datenlieferanten. Auf der anderen Seite ist durch die Nutzung des in ISO 11783 festgelegten Datentransferformats eine weitreichende und direkte Nutzung der Daten sichergestellt.

Die Datenerfassung sollte von einem hohen Automatisierungsgrad gekennzeichnet sein. Sie liefert automatisiert und auch ohne Eingriff des Bedienpersonals Daten. Die Ausführung von geplanten Aufträgen wird ebenfalls unterstützt. Die Übertragung der Daten von der Maschine zur Datenverarbeitung erfolgt ebenfalls automatisch.

3.2.5.2.2 Verarbeitung

Für die Datenverarbeitung stellen sich auf der einen Seite die Anforderungen, wie sie bei der Nutzung von Standardsoftware in Verbindung mit anderen mobilen Systemen im Betrieb gelten. Dies ist vor allem die Integration der Information in das Farmmanagementsystem, wofür es notwendig ist, Daten in einer verwertbaren Form auszutauschen. Durch die konsequente Nutzung der Erfassung von Prozessdaten und der Intention, einen möglichst hohen Automatisierungsgrad zu erreichen, ergeben sich aber weitergehende Anforderungen.

Die automatische Prozessdatenerfassung (APDE) wird als ein wertvolles Tool gesehen. Aber ohne eine Bewertung der Daten und die Integration in ein Informationssystem mit den entsprechenden Schnittstellen ist dieses nutzlos [AR04]. Die Herausforderungen bestehen vor allem im Handling der enormen Datenmengen und in der Realisierung einer angepassten Verarbeitung unter Berücksichtigung zeitlicher und örtlicher Tiefe der Daten [RA04b]. Da ein manuelles Sichten und Auswerten der Daten nicht als Lösungsansatz gesehen werden kann, muss ein möglichst hoher Grad der Automatisierung auch bei der Auswertung der Daten erreicht werden.

Besonders die Realisierung einer lückenlosen Dokumentation mit dem Ziel der Rückverfolgbarkeit erfordert eine durchgehende Automatisierung von der Erfassung über die Verarbeitung bis zur Bereitstellung [AR04].

Die grundsätzliche Realisierbarkeit einer derartigen automatisierten Auswertung ist gegeben. Wie in 3.2.4 dargestellt existieren in der Forschung bereits Methoden, für eine teilweise automatisierte Auswertung [RDA03]. Allerdings müssen alle Teilprozesse der Auswertung automatisierbar sein, so z. B. auch die Schlagzuordnung, die in den oben genannten Projekten ein ausgelagertes Makro übernahm. Deshalb müssen weitere Möglichkeiten der Auswertung entwickelt werden, um ein durchgehend automatisierbares System zu schaffen.

Die Vorteile einer vorgeschalteten automatisierten Datenerfassung ist im Vermeiden von Datenlücken zu sehen. Zusätzlich garantiert der automatische Auswerteprozess ein Vorgehen nach dem immer gleichen Muster. Im Prinzip ist nur so die Vergleichbarkeit der ermittelten Werte gegeben. Ansonsten können aus den Aktionen des Benutzers Verfälschungen resultieren. Zudem lässt sich durch den automatischen Auswertevorgang auch eine tiefergehende Analyse vornehmen, als das manuell der Fall wäre. Die Auswertung muss auch für die Analyse vordefinierter, geplanter Aufträge angewendet werden können.

Bei der Auswertung der Daten werden zwei verschiedene Ziele verfolgt. Zum einen kann aus den Daten Information generiert werden, die direkt genutzt wird und den Betriebsleiter bei der Betriebsführung und Entscheidungsfindung unterstützt. Zum anderen ist es notwendig, für die unterschiedlichen Anwendungsbereiche von Prozessdaten entsprechende Zugriffspunkte zur Verfügung zu stellen. So dürfen z. B. bei Erstellung einer Zugkraftkarte nur die Werte eingehen, bei denen das Arbeitsgerät auf der entsprechenden Arbeitstiefe war. Durch die Auswertungen werden also auch Strukturen für den Zugriff und die Möglichkeit der Einschränkung auf bestimmte Daten geschaffen. Deshalb müssen bereits bei der Auswertung mögliche Verwendungsziele der unterschiedlichen Benutzergruppen berücksichtigt werden [RDA03].

Die beiden Ziele sind voneinander abhängig. Zuerst müssen logische Einheiten gebildet werden, für die dann in einem zweiten Schritt Kennzahlen berechnet werden. Dabei ist die Schaffung der Einheiten wesentlich komplexer. Sind diese bekannt, ist die Gruppierung selbst und auch die Berechnung der Kennzahlen mit den Mitteln einer Datenbank über den Befehl "group by" und die Nutzung von Aggregatsfunktionen (z. B. Summe, Minimum, Maximum, Standardabweichung) zu erreichen.

Die Aggregation der Daten kann entlang von themenspezifischen Klassifikationsstufen oder -pfaden erfolgen. Beispiele solcher Pfade sind Folgen wie

- Unternehmen - Betrieb - Betriebszweig - Schlag - Teilschlag,
- Jahr - Quartal - Monat - Woche - Tag - Stunde,
- Arbeitsgespann - Maschine - Maschinenelement.

Kennzahlen ergeben sich für unterschiedliche Kombinationen von Themen. Im Umfeld des Data Warehousing werden solche Zusammenstellungen als Datenwürfel oder OLAP-Cubes bezeichnet. Diese sind als Sammlungen von Daten zu verstehen, die speziell für unterschiedliche Auswertungszwecke zusammengestellt werden.

Eine für den Pflanzenbau wichtige Kombination von Themen und Aggregationsstufen ist die Maßnahme. Sie entspricht einem Buchungssatz in einer Schlagkartei (siehe 2.1.3) und setzt sich zusammen aus

- Tag,
- Schlag,
- Maschinenkombination.

Anhand der Gruppierungen, wie sie von ROTHMUND (2003) [RDA03] vorgenommen wurden, konnten bereits Maßnahmen gebildet werden. Es wurden vier Schritte der Datenauswertung identifiziert:

- Schlagzuordnung per GPS-Koordinaten,
- Gruppieren anhand verschiedener Kriterien wie Schlag, Maschine, usw.,
- Zuordnung zu Maßnahmen ("Jobs"),
- Datenanalyse, z.B. auch noch direkt bei User-Anfrage über Webseite.

Allerdings sind diese Möglichkeiten der Gruppierung beschränkt, so dass z. B. die Erkennung von Transportprozessen, die Bestandteil einer Maßnahme auf einem Schlag sind, nicht möglich ist. Um diese Lücke zu schließen ist es notwendig, ablaufbasierte Algorithmen zu entwickeln [RA04b]. Diese könnten zudem die Maßnahmenbildung robuster gestalten, da damit kurzfristige Abweichungen von den Gruppierungskriterien aufgefangen werden können und so entweder kurze Datenlücken in einer Maßnahme oder das unbeabsichtigte Aufsplitten von Maßnahmen verhindert werden können. Ein kurzes Verlassen des Schlagumrisses bei einem Wendemanöver könnte sonst fälschlich als allgemeiner Transportvorgang während eines Tages gewertet. Beim Abrufen der Rohdaten für die Maßnahme werden diese Daten dem Transportprozess zugeordnet und in der eigentlichen Maßnahme fehlen. Diese Probleme sollten bei der Implementierung des Prozessdatenservice als Grundlage für die Weiterentwicklung der Auswertalgorithmen dienen.

Die Flexibilität der Datenaufzeichnung, wie sie auch in ISOBUS gegeben ist, bringt weiter Komplexität mit sich. In den bisher vorgestellten Systemen der TU München auf LBS-Basis wurde immer ein einheitliches proprietäres Datenformat verwendet. Damit waren gleichzeitig die möglichen erfassbaren Größen und notwendigen Auswertungen festgelegt. Die Datenerfassung in ISOBUS erlaubt hier unterschiedlichste Werte [ISO11783-11] und auch eine differenziertere Aufteilung auf nur Teile von Geräten. Darauf muss die Datenauswertung reagieren und je nach Datenlage eine unterschiedliche Anzahl an Größen berechnen und bereitstellen. Gleichzeitig ist diese Dynamik auch bei der Datenbereitstellung zu be-

rücksichtigen. Auch der Umgang mit Prozessdaten, die nur eine Zeit-, aber keine Ortsangabe haben, ist zu berücksichtigen.

Für die Entwicklung ist zu bedenken, in wie weit der Task Controller (TC) als Datenaufzeichnungsgerät im ISOBUS [ISO11783-10] Auswerteaufgaben übernimmt. Grundsätzlich kann der TC nur Werte während oder beim Abschluss eines Auftrages berechnen. Im Standard vorgesehen sind auch Größen wie die bearbeitete Fläche. Zwar ist eine Ausnutzung der Möglichkeiten der Berechnung direkt auf der Maschine zu befürworten, solange die generierten Informationen für den Fahrer sinnvoll nutzbar sind. Allerdings sind Werte als problematisch für die Auswertung zu sehen, deren Entstehung nicht nachvollzogen werden kann. So können fehlerhafte Werte entstehen, die bei der weiteren Nutzung zu Fehlentscheidungen führen. Werden die Prozessdaten erst im Postprocessing verarbeitet, können sie mit Daten kombiniert werden, die auf der Arbeitsmaschine nicht zur Verfügung stehen und so neue wertvolle Information generiert werden. Die ursprünglichen Prozesswerte müssen also in jedem Fall erhalten bleiben und dann zur weiteren Datenverarbeitung herangezogen werden [RA04a]. DEMMEL et al. (2002) gehen davon aus, dass Systeme, die bereits online Informationen generieren auf der Maschine für die Verbesserung des Managements und zu Zwecken der Rückverfolgbarkeit eingesetzt werden [DERS02]. Wohingegen eine detaillierte Aufzeichnung mit nachgeschaltetem Postprocessing für die Teilflächenwirtschaft und die Berechnung von Kennzahlen für Betriebsplanung oder wissenschaftliche Fragestellungen eingesetzt werden.

3.2.5.2.3 Datenbereitstellung

Die Anforderungen für die Datenbereitstellung ergeben sich zum großen Teil aus der allgemeinen Infrastruktur aus 3.1, da der Prozessdatenservice in diese Umgebung integriert werden muss. Die Daten sollten an einer standardisierten Schnittstelle bereitgestellt werden. Dazu müssen entsprechende Zugriffsmechanismen entwickelt und angebunden werden, die mit den Vorgaben der allgemeinen Infrastruktur übereinstimmen.

Die speziellen Anforderungen für den Prozessdatenservice kommen vor allem aus dem Bereich Precision Farming. Die unterschiedlichen Anwendungsbereiche für die Auswertungsergebnisse sollten berücksichtigt werden und Schnittstellen so gestaltet werden, dass der Zugriff auf die Daten auf den unterschiedlichen Aggregationsebenen funktioniert. So ließen sich auch die unterschiedlichen Anforderungen der Nutzer erfüllen. Es ist darauf zu achten, dass der Rückfluss der Information in ein Informationssystem für Precision Farming ermöglicht wird.

3.2.5.2.4 Nutzung der Daten

Die eigentliche Nutzung der Daten liegt außerhalb des Verantwortungsbereichs des Prozessdatenservice. Sie erfolgt durch den Benutzer, der über Software oder weitere Services auf die Daten zugreift. Durch diese Anwendungen werden die Daten je nach Anwendungs-

fall abgerufen und in Systeme zur Entscheidungsunterstützung oder in Prozessmodelle integriert. Insofern können dann Prozessdaten ihre Funktion als Informationslieferant zur Verbesserung der Steuerung und Regelung der betrieblichen und pflanzenbaulichen Prozesse erfüllen.

4 REALISIERUNG EINES PROZESSDATENSERVICE

Um diesen methodischen Ansatz der Prozessdatenverarbeitung zu testen, wurde ein Prozessdatenservice entwickelt und implementiert. Im Folgenden werden die einzelnen Komponenten des Prozessdatenservice beschrieben und die entsprechende Umsetzung dargestellt.

4.1 Datenerfassung

4.1.1 Technikauswahl

Die Datenerfassung muss innerhalb eines standardisierten Kommunikationssystems durchgeführt werden. Hier ist heute der ISOBUS Stand der Dinge. Viele Landtechnikhersteller haben Produkte in ihrem Portfolio, die mit ISOBUS arbeiten. Somit ist auch gewährleistet, dass zukünftig nicht nur verschiedene Teilnehmer in Traktoren und Geräten untereinander sondern auch mit einem Datenerfassungsgerät in einer gemeinsamen „Sprache“ kommunizieren können. Der Teil 10 der Norm ISO 11783 [ISO11783-10] regelt Kommunikation und Aufgaben des Task Controllers (TC).

4.1.2 Implementierung

Bei der Implementierung konnte auf einen vorhandenen ISOBUS-Treiber zurückgegriffen werden. Dieser wurde in verschiedenen Anwendungen bereits erfolgreich eingesetzt [EA06], [Gra05]. Treiber und TC-Anwendung sind in der Programmiersprache C geschrieben und werden auf einem embedded Controller für mobile Anwendungen ausgeführt (C167 / ST10 Prozessor in einer ESX-C2C, Sensortechnik Wiedemann). Um Lücken in den Daten aufgrund von Bedienfehlern auszuschließen, wurde das Prinzip der vollständig automatisierten Datenerfassung verfolgt. Die Datenerfassung startet, sobald sich der Task Controller als Teilnehmer am ISOBUS angemeldet hat. Dies geschieht sofort nachdem das ISOBUS-Netzwerk mit Strom versorgt wird. Ein separater Eingriff des Fahrers zum Starten der Datenerfassung ist nicht notwendig. Mit einer Frequenz von 1 Hz werden Position, Zeit und Maschinenwerte, wie Geschwindigkeit, Zapfwelldrehzahl und Hubwerksposition, aufgezeichnet.

Für zusätzliche manuelle Eingaben wurde eine Benutzerschnittstelle auf einem Virtual Terminal [ISO11783-6] geschaffen. Hier wurden in Eingabemasken Personen, Geräte und Betriebsmittel hinterlegt (Abb. 22). So können beispielsweise auch Geräte, die über keine eigene Elektronik verfügen am System angemeldet und die Daten sofort bei der Erfassung komplettiert werden. Abbildung 23 zeigt ein Datenbeispiel in einem Geographischen Informations System. Die Punkte sind je nach Höhe des Heckkrafthebers eingefärbt. Wendemanöver mit ausgehobenem Gerät sind deshalb als rote Punkte zu erkennen.



Abbildung 22: Prototyp eines ISOBUS-Task Controllers mit CPU und Bedienmaske auf einem Virtual Terminal

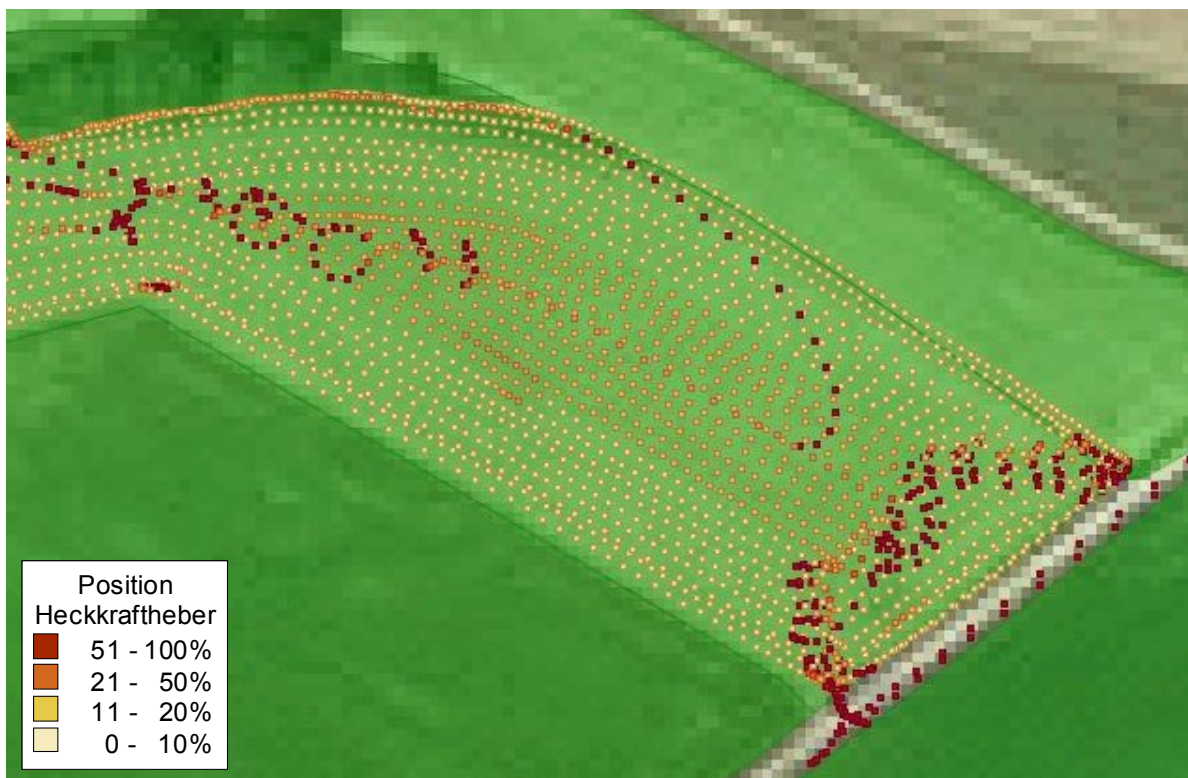


Abbildung 23: Visualisierung von aufgezeichneten Daten des Task Controllers

Zusätzlich zu der eigenen Implementierung einer ISOBUS-fähigen Datenerfassung wurde auf Projektbetrieben in preagro auf mehreren Maschinen das proprietäre Datenerfassungssystem MoDaSys (siehe 3.2.3) eingesetzt. Dieses Gerät wird mit dem internen BUS der Traktoren der Marke Fendt und Massey Ferguson verbunden und ist so in der Lage Daten des Traktors aufzuzeichnen. Hier kam eine geschwindigkeitsabhängige Messfrequenz zwischen 30 Sekunden pro Datensatz (bis 15 km/h) und einem Datensatz pro Minute zum Einsatz. Da das System mit dem internen BUS des Traktors arbeitet, kann es keine Gerätedaten erfassen.

4.2 Datenübertragung von der Maschine zur Verarbeitung

Nach der Erfassung müssen die Daten zum verarbeitenden System übertragen werden. Aus Gründen der Flexibilität sollte auf einen möglichst hohen Standardisierungsgrad geachtet werden. So können Datenerfassungsgeräte verschiedener Hersteller als Datenlieferanten für Verarbeitungssoftware oder -services unterschiedlicher Anbieter dienen. Hier gilt es allerdings den physikalischen und den syntaktischen Weg der Übertragung zu unterscheiden.

Für eine syntaktische Standardisierung ist in [ISO11783-10] ein XML-basiertes Datenformat definiert. Es soll verwendet werden, um Daten zwischen dem Mobile Implement Control System (MICS), also der Arbeitsmaschine, und dem Farm Management and Information System (FMIS) auszutauschen. Zentrales Element ist dabei der Auftrag (Task). So können Maßnahmen – auch teilflächenspezifisch – am PC geplant und dann an die Maschine übertragen werden. Bei der Ausführung wird der jeweilige Auftrag ausgewählt und während der Arbeit Informationen hinzugefügt. Nach Arbeitsende wird der Auftrag wieder an den PC übertragen.

Für die automatisierte Datenerfassung ohne Zutun des Nutzers, wie sie hier zur Anwendung kommen soll können auch Aufträge auf der Maschine angelegt werden. Dies geschieht im vorgestellten System automatisch beim Start, so dass immer ein Auftrag aktiv ist, in den die aktuellen Werte aufgenommen werden können. Der Nutzer kann lediglich einen neuen Auftrag starten.

Eine Festlegung auf einen physikalischen Standard erfolgt nicht, da für die Datenübertragung im Allgemeinen verschiedene Verfahren zur Verfügung stehen (manuell per USB-Datenträger, Bluetooth, GSM, GPRS, UMTS, WLAN, WiMax). Dies würde die Anpassungsfähigkeit der Lösungen an betriebliche Gegebenheiten zu stark einschränken. Im Projekt preagro wird mit MoDaSys ein Datenaustausch mit Bluetooth realisiert. An der Betriebs-tankstelle ist eine Bluetoothantenne eingerichtet. Bei jedem Tankvorgang werden so die Daten vom Traktor heruntergeladen und auf einem Server abgelegt. Als Rückfallebene wurde auf den mobilen Einheiten eine GSM-Antenne installiert. Liefert ein Fahrzeug über längere Zeit keine Daten an der Tankstelle ab, weil z. B. das Tanken auf dem Feld erfolgte,

wird durch den Server automatisch ein Download initiiert. Dieses Vorgehen stellt die Vollständigkeit der Daten sicher, da ein Überlaufen des Speichers vermieden werden kann.

Durch diese erfolgreich getesteten Möglichkeiten kann davon ausgegangen werden, dass Prozessdaten für verschiedene Anwendungsbereiche mit standardisiertem Datenformat und unterschiedlichen physikalischen Wegen zur Übertragung zur Verfügung gestellt werden können.

4.3 Prozessdatenservice (Kernanwendung)

4.3.1 Überblick: Aufbau – Komponenten – Datenfluss

Der umfangreichste Bereich ist der eigentliche Prozessdatenservice. Hier müssen Rohdaten eingelesen, verarbeitet und gespeichert werden. Verschiedene Analysen und Auswertungen sollen wertvolle Information für den Betriebsleiter erzeugen. Diese Information muss schließlich in passender Form an entsprechenden Schnittstellen zur Verfügung gestellt werden. Dieser zentrale Bereich wird im Folgenden als Automatischer Prozessdaten Service (APDS) bezeichnet.

Nun werden zunächst die einzelnen Aufgaben der Anwendung erläutert. Zu berücksichtigen ist dabei der notwendige Datenfluss innerhalb der Anwendung zwischen den einzelnen Komponenten. Schließlich werden die einzelnen Komponenten, sowie Implementation und Tests dargestellt. Abbildung 24 zeigt die Komponenten mit dem dazugehörigen Datenfluss.

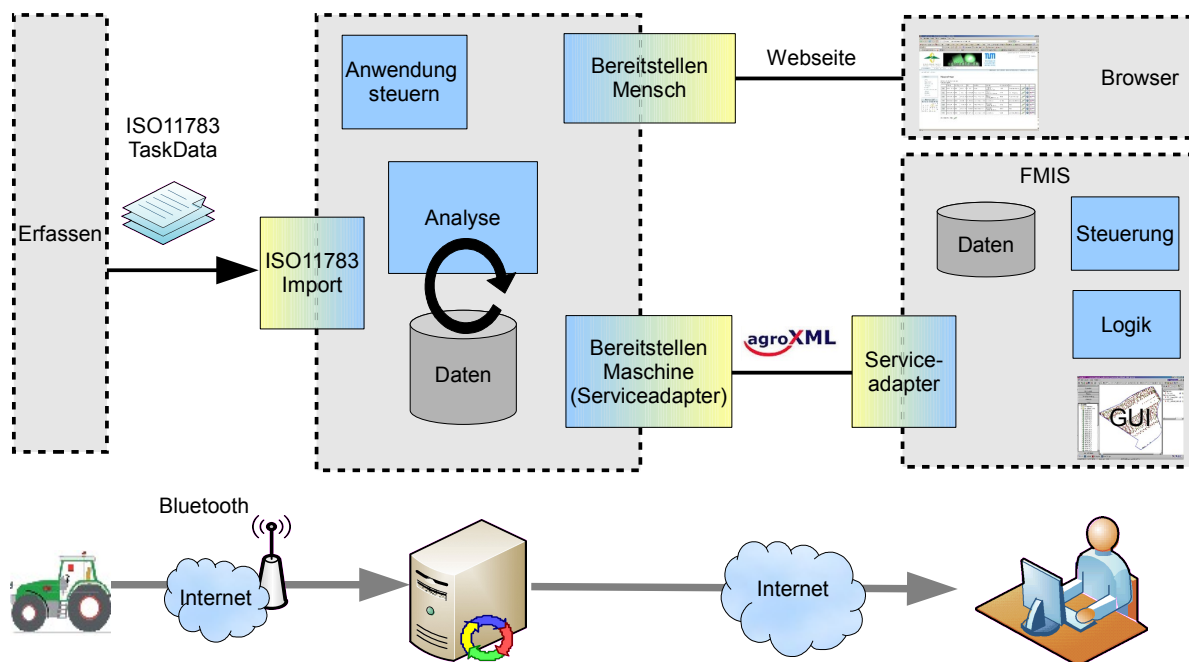


Abbildung 24: Aufbau der Kernanwendung Prozessdatenservice

Die Daten sind im XML-Format entsprechend ISO 11783-10 zu lesen. Dieses Format soll im Folgenden als ISOXML bezeichnet werden, da sich diese Bezeichnung bei den Akteuren der Agrarsoftwarebranche durchgesetzt hat. Wie in 4.2 beschrieben ist es eine Entscheidung des Betriebes, welcher physikalische Weg der Datenübertragung für den Transfer vom MICS zum Service gewählt wird. Aufgabe des Prozessdatenservice ist es also nur, in regelmäßigen Abständen zu prüfen, ob neue Daten zur Verarbeitung am Server vorliegen. Dies erfolgt über einen zeitgesteuerten Prozess, der beim Vorliegen von Daten in einem bestimmten Verzeichnis den Prozess des Datenimports anstößt.

Dazu wird eine Steuerungskomponente benötigt, die eine aufrufbare Methode zur Verfügung stellt. Zusätzlich wird durch diesen Programmteil auch das Zusammenspiel der einzelnen Komponenten koordiniert und bestimmte Grundfunktionen zu Verfügung gestellt.

Beim Import werden Plausibilitätsprüfungen vorgenommen und die Daten mit zusätzlichen Informationen, wie dem Zeitpunkt des Imports, versehen. Einfache Berechnungen, die für einen einzelnen Prozessdatenpunkt gelten, können hier direkt beim Lesen der Daten erstellt werden. Diese aufgewerteten Rohdaten werden dann in einer Datenbank gespeichert.

Für komplexere Auswertungen können Daten nach bestimmten Kriterien aus der Datenbank gelesen und ggf. mit neuen Informationen aus der Auswertung gespeichert werden. Die Datenbank stellt die Informationen auch für die Programmbereiche zur Verfügung, die die Daten für den Nutzer bereitstellen.

Als Schnittstelle für die Nutzung der Daten sollen zwei unterschiedliche Zielsetzungen verfolgt werden. Eine Schnittstelle stellt die Daten in maschinenlesbarer Form bereit. Über diesen Weg werden die Daten in die gesamte Infrastruktur integriert und sind sowohl für andere Services aber auch für das FMIS abrufbar und damit für den Landwirt nutzbar. Um die Daten unabhängig vom FMIS visualisieren zu können, wird eine weitere Schnittstelle implementiert, die die Information in Form einer Webseite direkt für den Menschen verwertbar macht.

4.3.2 Grundfunktionen

Für Implementation und Test im Rahmen des Projektes preagro war es ausreichend, einen Server aus PC-Komponenten zusammenzusetzen. Als Betriebssystem wird Suse Linux 9.2 (2006) eingesetzt.

Für die Implementation der einzelnen Funktionen und der Steuerung des Zusammenspiels der einzelnen Komponenten müssen unterschiedliche Softwarebausteine entwickelt werden. Dafür wurde die Programmiersprache Python verwendet. Für diese Wahl waren folgende Aspekte Ausschlag gebend:

- Python erfreut sich wachsender Beliebtheit, v. a. im Umfeld der Webentwicklung.
- Es wird sowohl als objektorientierte Sprache für komplexe Anwendungen als auch zum Schreiben von Skripten z. B. bei Webprojekten eingesetzt.

- Python zeichnet sich durch eine kompakte Ausdrucksweise aus.
- Der Applicationserver, der für die Umsetzung der Website eingesetzt wird, ist in Python geschrieben (vgl 4.4.1).

Um die Übersichtlichkeit und die Wiederverwendbarkeit der Software sicherzustellen, wurden in Python (Version 2.3, 2006) unterschiedliche Bibliotheken und Module entwickelt:

- *apds*: Stellt Grundfunktionen zur Verfügung für: Importieren von Schlagdaten aus ESRI-Shapefiles, Management der Datenbankverbindungen, Konfiguration von Ports und Dateipfaden, Ablaufsteuerung durch Aufruf von Methoden aus anderen Modulen, aufrufbare Methoden für die Anbindung der Website,
- *apdsObjects*: Klassen und Methoden für die Handhabung von Inhalten, starke Anlehnung an die in ISO11783 vorgegebenen Datenstrukturen,
- *db*: Lesen und Schreiben in der Datenbank, Ausführen von SQL-Statements, (De-)Serialisierung von Objekten, Implementation eines Queryinterface nach dem Vorbild Query by Example (QbE) zur Unterstützung der Suche in der Datenbank,
- *iso11783*: Lesen von ISOXML-Dateien, Übersetzen der Datenstrukturen aus ISO-BUS in die internen Objekte (*apdsObjects*),
- *agroxml*: Klassen und Methoden zum Schreiben von agroXML-Dateien, Übersetzung von Inhalten aus den *apdsObjects* in *agroxmlObjects*,
- *agridata*: Funktionalität für den Applicationserver.

Im Folgenden sollen nun die Teilbereiche aus Abbildung 24 detailliert dargestellt werden. Dabei wird zusätzliche Software eingeführt und erläutert. Für die Implementation des Prozessdatenservice wird ausschließlich Open Source Software verwendet.

4.3.3 Importschnittstelle

4.3.3.1 Datenformat

Als Ausgangsformat stehen die Daten im ISOXML-Format zur Verfügung (Auszug in Abb. 25). Die XML-Datei entspricht grundsätzlich dem XML-Standard des World Wide Web Consortium (W3C) [W3C06]. Durch die Notwendigkeit der Datenübertragung und der Bearbeitung auf mobilen Geräten mit potentiell begrenzten Ressourcen, weist dieses Format aber einige Besonderheiten auf, die sich aus den Definitionen in [ISO11783-10] ergeben:

- Alle Elemente werden durch drei Buchstaben abgekürzt, z. B. „Task“ durch „TSK“.
- Attribute werden in jedem Element fortlaufend durch einzelne Buchstaben gekennzeichnet, z. B. „A“ statt „TaskId“
- Inhalte werden nur in Attributen gespeichert. Elemente tragen damit nur strukturelle Information.
- Jedes Element wird durch eine eindeutige ID gekennzeichnet, z. B. „TSK01“.

- Verweise auf Elemente sind durch die Angabe der ID eines Elements in einem Attribut möglich. Mechanismen für Verweise, wie sie im XML-Standard [W3C06] vorgesehen sind (z. B. XLink), kommen nicht zum Einsatz.
- Durch diese Verweise und die hierarchische Gliederung der Elemente entsteht ein relationales Datenmodell. m:n-Relationen werden durch spezielle Zuordnungselemente realisiert.
- Stammdaten (Coding Data) werden auf der Maschine nicht verändert. Über Verweise wird der Bezug zu diesen Stammdaten hergestellt.
- Die Stammdaten können auf mehrere Dateien verteilt werden, auf die über spezielle Referenzen verwiesen wird.
- Die Interpretation der Daten ist nur mit Kenntnis der Definitionen aus [ISO11783-10] möglich.

Diese Strukturen bilden den Rahmen für die Übertragung von Inhalten. Diese können grundsätzlich in Stammdaten (Coding Data) und Daten mit Auftragsbezug (Task Data) unterteilt werden. Zu den Stammdaten gehören:

- vordefinierte Kommentare,
- Kulturen und Sorten,
- Arbeitsgänge und -verfahren,
- Maschinen und Geräte mit deren Aufbau und der Definition der möglichen Prozessdaten,
- (Teil-)Schläge,
- Arbeitskräfte,
- Betriebsmittel.

```

01<TSK A="TSK1" F="WKR1" G="1">
02  <OTP A="CPC1" B="OTQ1"/>
03  <WAN A="WKR1">
04    <ASP A="2006-09-20T08:00:00" B="2006-09-20T17:00:00" D="1"/>
05  </WAN>
06  <DAN B="000000FF00000000" A="1234567812345678" C="DVC2">
07    <ASP A="2006-09-20T08:00:00" B="2006-09-20T17:00:00" D="1"/>
08  </DAN>
09  <DAN B="000000FF00000000" A="8765432187654321" C="DVC1">
10    <ASP A="2006-09-20T08:00:00" B="2006-09-20T17:00:00" D="1"/>
11  </DAN>
12
13  <TIM A="2006-09-20T08:00:00" B="2006-09-20T17:00:00" D="1"/>
14
15  <TIM A="2006-09-20T10:10:00" D="4">
16    <PTN A="42.588945" B="11.989209" D="3"/>
17    <DLV A="1" B="18" C="DET1"/>
18    <DLV A="2" B="126715" C="DET2"/>
19  </TIM>
20  <TIM A="2006-09-20T08:10:00" C="1648" D="3"/>
21</TSK>

```

Abbildung 25: Ausschnitt eines Auftrags (Task) in ISOXML (XML nach ISO 11783-10)

Die Auftragsdaten (Abb. 25) werden vom Element „TSK“ (Task) umgeben (Zeilen 1 und 21). Grundsätzlich können über Attribute Betrieb, Verantwortlicher, Kunde, Schlag und Standardwerte festgelegt werden (Bsp. Zeile 1: Die Person mit der Kennung „WKR1“ ist verantwortlich). Über spezielle Zuordnungselemente wird im Auftrag der Bezug zu den Stammdaten hergestellt. So wird ein Gerät einem Auftrag zugeordnet, indem über eine „DAN“ (DeviceAllocation) die ID zu einem Gerät gesetzt wird. Dabei ist gleichzeitig die Angabe eines Zeitpunktes („ASP“ - AllocationStamp) und einer Position möglich (Zeilen 6-11). Diese sind hier als „geplant“ gekennzeichnet und stellen so die Vorgaben für die Ausführung dar. Zeile 2 ordnet den Auftrag einem Arbeitsverfahren aus den Stammdaten zu.

Zeitliche Aspekte werden durch das Element „TIM“ (Time) dargestellt. Dies können die Start- oder Endzeit, bzw. die Dauer eines ganzen Auftrages oder auch nur eines Zeitraumes oder Zeitpunktes davon sein. Eine Zeitangabe wird durch ein Attribut beispielsweise als „geplant“ oder „ausgeführt“ bzw. als Reparatur- oder Vorbereitungszeit gekennzeichnet. In Zeile 13 wird der geplante Zeitrahmen für den Auftrag festgelegt. In dieser „geplanten“ Form werden die Auftragsdaten in der Regel vom Büro-PC an die Maschine übertragen. Während der Ausführung werden die weiteren Daten dann ergänzt. So wird in Zeile 20 bei der Ausführung ein Zeitraum ab einem bestimmten Zeitpunkt als Vorbereitungszeit dokumentiert. Für die Erfassung von Prozessdaten wird „TIM“ über ein Attribut als Zeitstempel gekennzeichnet (Zeile 15). Durch die Nutzung zweier weiterer Elemente werden Position und Prozessdaten zugeordnet. Dazu werden in „PTN“ (Position) die geographischen Angaben und in „DLV“ (DataLogValue) die Prozesswerte für jeden Zeitstempel gespeichert. Auch hier wird über eine Referenz, die auf die ID einer Maschine verweist, die Verbindung zur Definition der Maschinen in den Stammdaten hergestellt. Abbildung 26 zeigt diese Zusammenhänge schematisch.

Jedes Prozessdatum wird zudem in „DLV“ über eine ID („DDI“ -Data Dictionary Identifier) eindeutig identifiziert, die auf die Definition des Prozessdatums in [ISO11783-11] verweist. Dieser Teil des Standards ist dynamisch gestaltet und besteht aus einer Datenbank, in der alle standardisierten Prozesswerte mit eindeutiger ID enthalten sind (<http://dictionary.isobus.net/isobus>).

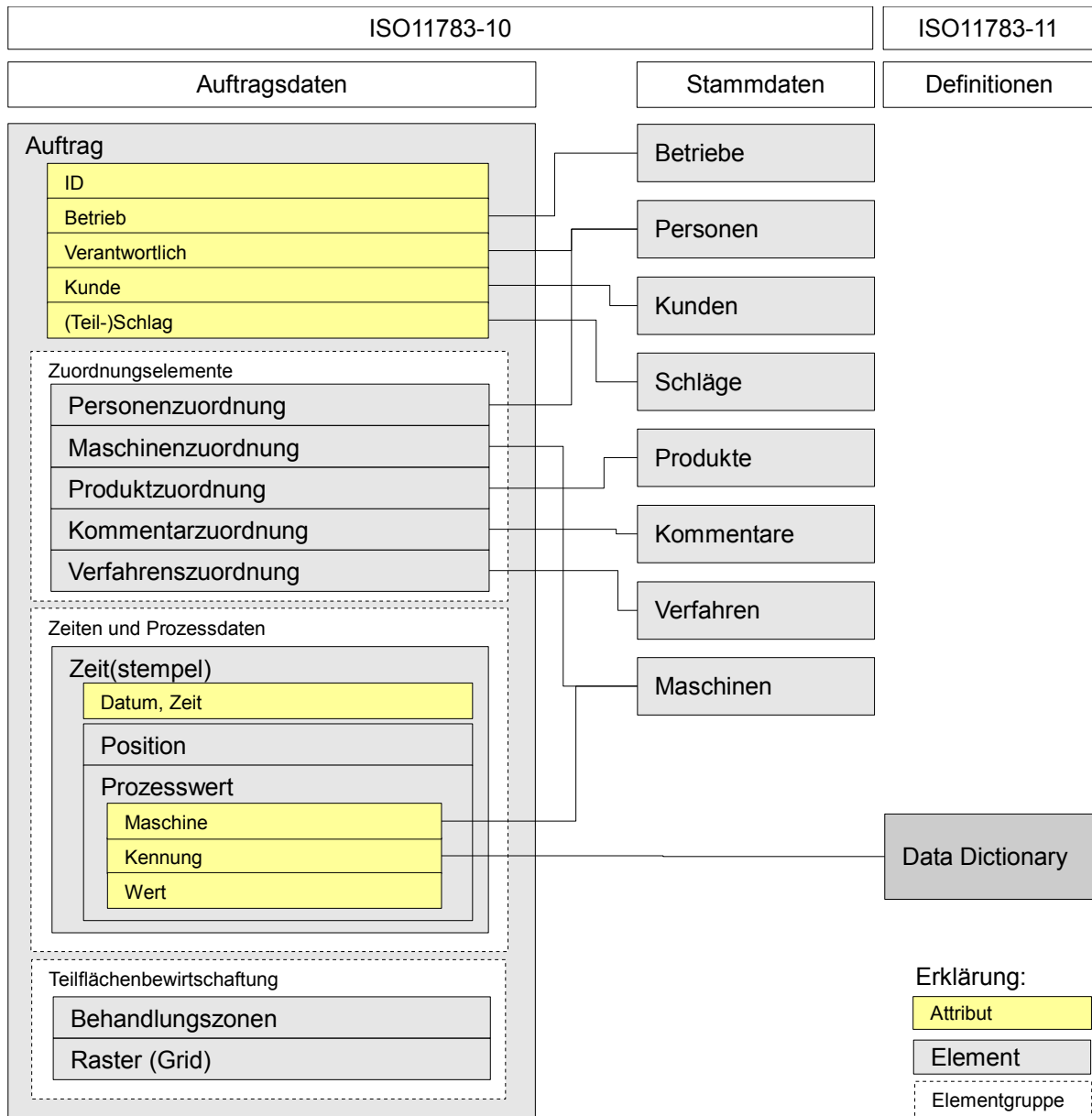


Abbildung 26: Zusammenhang der wichtigsten Elemente aus ISOXML

Zudem können in einem Task Vorgaben für teilflächenspezifische Maßnahmen enthalten sein, wie z. B. die Vorgabe von Applikationsmengen für Behandlungszonen oder für die Zellen eines Rasters.

4.3.3.2 Importmechanismus

Für das Verarbeiten von XML-Dateien gibt es in den meisten Programmiersprachen Parser in Form eines API (Application Programming Interface). Grundsätzlich sind zwei verschiedene Typen von Parsern zu unterscheiden. SAX-Parser (Simple API for XML) arbeiten das Dokument von vorne durch und generieren dabei Ereignisse beim Auffinden von Elementen und Attributen. Diese können dann in einem Eventhandler verarbeitet werden. DOM-Parser (Document Object Model) bilden die Struktur des XML-Dokuments im Speicher

nach. Hier ist dann eine Navigation durch diese Objekthierarchie möglich. DOM-Parser benötigen mehr Speicher und sind in der Regel weniger performant. Da diese strenge Objekthierarchie aus dem XML nicht ausreicht, um die notwendigen Funktionen darzustellen, wird der SAX-Parser von Python genutzt, um einen eigenen „Objektbaum“ aufzubauen.

Dazu werden beim Lesen der XML-Datei die Daten in Objekten im Arbeitsspeicher abgebildet. Diese sind Instanzen von Klassen, die entsprechend den strukturellen Vorgaben der XML-Elemente aus [ISO11783-10] erstellt sind. So ist sichergestellt, dass alle in den ISOXML-Dateien enthaltenen Daten verarbeitet werden können. Dies ist in der Bibliothek *apdsObjects* realisiert. Die Klasse (*ApdsObject*) ist mit den Mechanismen und Methoden ausgestattet, die benötigt werden, um diesen Objektbaum zu erstellen:

- Liste mit den möglichen Attributen,
- Liste mit den möglichen hierarchisch direkt untergeordneten Objekten,
- Liste mit den möglichen hierarchisch direkt übergeordneten Objekten,
- Methoden zum Setzen von Referenzen auf über- und untergeordnete Objekte,
- Methoden zum Lesen des Objekts aus der Datenbank,
- Methoden zum Schreiben des Objekts in die Datenbank.

Jedes einzelne Element aus [ISO11783-10] wird dann ebenfalls als Klasse implementiert und erbt Attribute und Methoden dieser übergeordneten Klasse *ApdsObject*. Dieser Mechanismus der Vererbung wird auch für alle weiteren Klassen angewendet, die Daten enthalten sollen. Damit zeigen dann zur Laufzeit alle Datenobjekte ein identisches Verhalten. Veränderungen können so an einer zentralen Stelle im Quelltext umgesetzt werden. Sollen die Objekte einer Klasse ein abweichendes Verhalten zeigen, so können die ererbten Methoden überschrieben werden.

Mit der Bibliothek *Iso11783* wird eine Methode zur Verfügung gestellt, um den Import zu starten. Beim Aufruf der Methode werden zunächst die Dateien für den Upload registriert. Dazu wird das Dateisystem an zentral vorkonfigurierten Orten durchsucht. Die gefundenen Dateien werden mit Informationen aus der Datenbank zur bereits erfolgten Uploads verglichen, um doppelte Importe auszuschließen. Durch dieses Vorgehen kann die Übertragung von Daten an den Server vom Prozessdatenservice abgekoppelt und durch eine eigene Anwendung gesteuert werden. Dies ermöglicht eine vollständige Automatisierung des Importvorgangs.

Der Importvorgang (Abb. 27) startet mit dem Lesen der Dateien. Dabei werden Elemente und Attribute der Reihe ihres Auftretens nach durch den Parser an einen Importhandler weitergeleitet. Dieser baut den Inhalten entsprechend für jede ISOXML-Datei einen Objektbaum auf. Dazu werden dynamisch die notwendigen Objekte instanziiert, mit den Inhalten befüllt und gegeneinander referenziert. Jedes Objekt kennt so das jeweils übergeordnete und die untergeordneten Objekte.

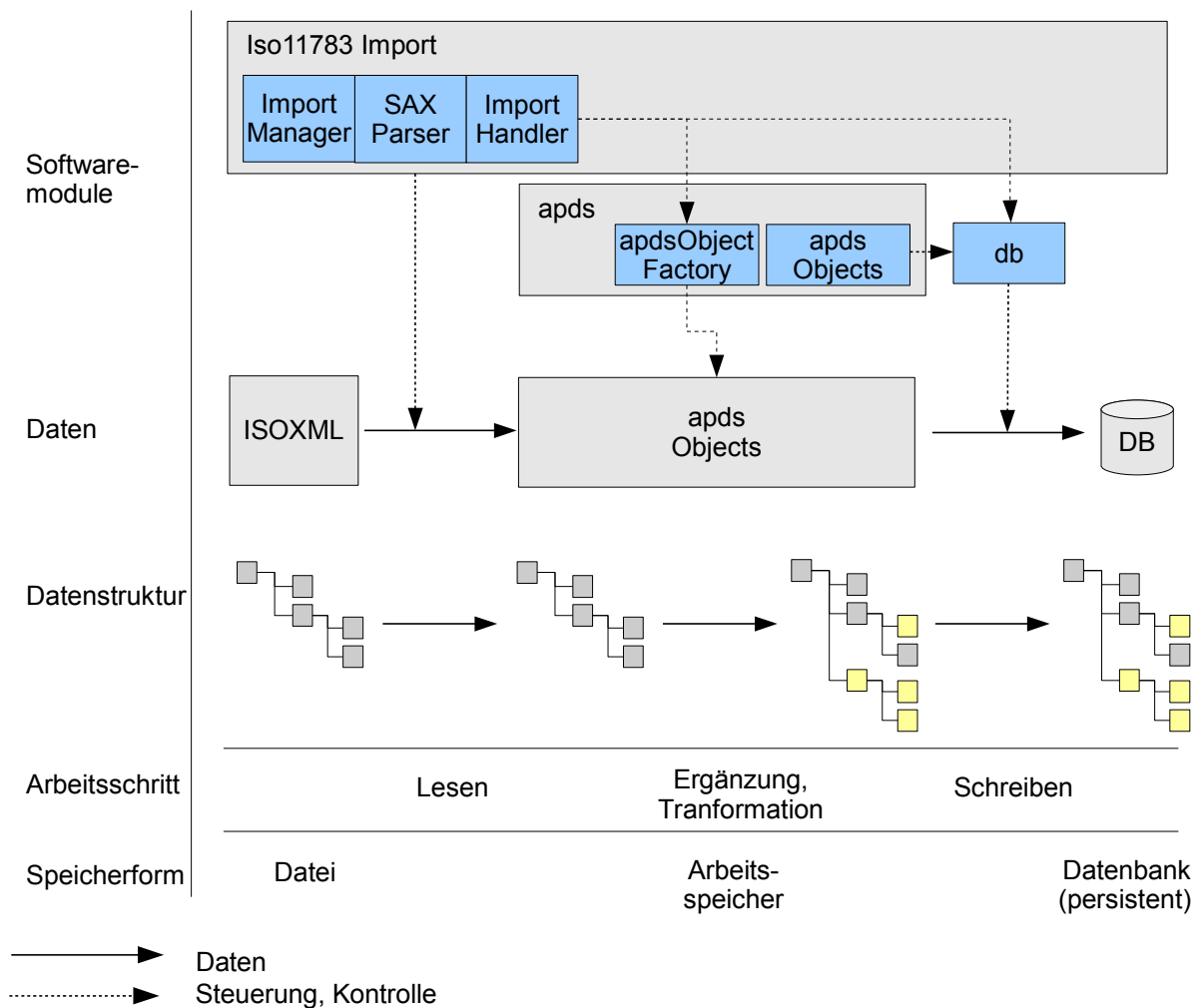


Abbildung 27: Importmechanismus mit den beteiligten Komponenten

Zum Uploadvorgang werden zusätzlich Datum, Uhrzeit, Pfad, Dateinamen und die verwendeten Parametern als Information in den Objektbaum integriert. So sind jederzeit Rückschlüsse auf den Ursprung der Daten greifbar. Vor dem Upload der Dateien in die Datenbank, müssen bestimmte Daten konvertiert werden. So werden beispielsweise Zeitangaben und Geodaten vom Format in ISOXML in ein in der Datenbank verwertbares Format überführt. Auch Transformationen von Objekten aus der Hierarchie von ISOXML in Strukturen, die für die Datenanalyse besser geeignet sind werden durchgeführt. Da zum Beispiel speziell bei der Analyse von Prozessdaten die Dimensionen Raum und Zeit gleichzeitig betrachtet werden müssen, werden die in ISOXML getrennten Elemente für Zeit und Position für die Datenbank in ein Objekt *timestamp* transformiert, das diese Informationen gleichzeitig aufnimmt. Durch den Vererbungsmechanismus müssen derartige Vorgänge wie diese Transformation nur für das an der Spitze des Objektbaumes stehende Objekt aufgerufen werden, da von dort aus die notwendigen Aufrufe an die untergeordneten Objekte weitergeleitet werden.

Nun steht ein Objektbaum im Arbeitsspeicher zur Verfügung, dessen Informationen für die weitere Nutzung persistent gespeichert werden müssen. Bei der Überführung der Daten vom Arbeitsspeicher in einen persistenten Speicher in Form von Dateien oder Datenbanken auf Datenträgern spricht man vom Serialisieren bzw. beim Lesen von Objekten vom Deserialisieren. Dazu stehen in Python nur APIs für Objekte mit geringer Komplexität zur Verfügung. Sie sind nicht geeignet, um einen Objektbaum wie in diesem Fall komplett zu speichern. Deshalb wurde für diese Klassen eine Anbindung für SQL-Datenbanken realisiert. Durch parallele Strukturen in Python-Klassen und Datenbank ist es möglich, die Objekte mit zusätzlichen Methoden zu versehen, um Serialisierung und Deserialisierung zwischen Objekten und Datenbank zu implementieren. Durch den Aufruf einer Methode können so die Inhalte jedes Objektes in die Datenbank geschrieben werden. Auch diese Fähigkeit wird über den angesprochenen Vererbungsmechanismus an alle Datenobjekte weitergegeben.

Um die Integrität der Daten zu sichern ist beim Import ein Vergleich mit bereits bestehenden Datensätzen in der Datenbank notwendig. Deshalb müssen auch Daten gelesen werden können. Zum Lesen der Daten aus der Datenbank wird ein Beispielobjekt mit den gewünschten Eigenschaften erstellt und dann durch den Aufruf einer Methode alle Objekte aus der Datenbank geholt, die die Anforderungen erfüllen (Query by Example - QBE). Durch die Implementierung können nicht nur einfache Objekte, sondern auch komplette Objektbäume gespeichert und gelesen werden. Dabei können Speichern und Lesen eines Objektes von dem jeweils übergeordneten Objekt angestoßen und gleichzeitig auch alle untergeordneten Objekte entsprechend „mitgezogen“ werden. Bei der Suche von Objekten kann die gewünschte hierarchische Tiefe, mit der passende Objekte aus der Datenbank geholt werden, angegeben werden. Diese Mechanismen wurden ebenfalls mit Hilfe der Vererbung in der Bibliothek *apdsObjects* umgesetzt.

Für den Import der Daten der MoDaSys-Datenerfassungsgeräte wurde ein Konverter erstellt, der die Daten aus dem Dateiformat *.C2C, in dem die Datensätze zeilenweise gespeichert werden, in die ISOXML-Struktur umsetzt. Der Importvorgang funktioniert im Weiteren dann mit dem beschriebenen Importmechanismus für ISOXML.

4.3.4 Datenbank

Kern der Anwendung ist eine Datenbank, die abgeleitet aus dem Aufbau, für das Speichern der Rohdaten sowie für das Bereitstellen von verarbeiteter Information ausgelegt ist. Der Import der Rohdaten wurde im vorherigen Kapitel bereits beschrieben.

4.3.4.1 Technik / Software

Entsprechend der Zielsetzung Open Source Software zu verwenden, müssen zwei Datenbanksysteme näher betrachtet werden:

MySQL (www.mysql.com) ist eine sehr beliebte Datenbank bei der Erstellung von dynamischen Webseiten und wird von vielen Webhostern bereitgestellt. Aber auch im Bereich der Unternehmenssoftware wird mit MySQL zunehmend Open Source Software eingesetzt, zumal auch angepasste Businesslösungen kommerziell verfügbar sind. MySQL gilt als sehr zuverlässig und performant und ist bekannt für den „lockeren“ Umgang mit dem SQL-Standard. Über den Aufkauf an der Entwicklung beteiligter Firmen hat das Softwarehaus Oracle (www.oracle.com) Einfluss auf die Entwicklung der Datenbank.

PostgreSQL (www.postgresql.org) ist in der Leistungsfähigkeit vergleichbar, allerdings weniger verbreitet. Die Datenbank basiert auf einer strengen Auslegung des SQL-Standards und stellt durch die prozedurale Sprache „PL/pgSQL“ Möglichkeiten zum Aufbau von Kontrollstrukturen direkt in der Datenbank zur Verfügung. Auch hier gibt es Firmen, die aufbauende, kommerzielle Produkte vertreiben. Durch die Mitarbeit mehrerer Firmen und einer großen Entwicklergemeinschaft ist gesichert, dass der Einfluss eines einzelnen kommerziellen Anbieters nicht zu groß wird. Besondere Beliebtheit hat PostgreSQL beim Verarbeiten und Speichern von Geodaten, die durch die Erweiterung PostGIS (www.postgis.refractions.net) unterstützt wird.

Da die Verarbeitung von Daten mit Raumbezug eine entscheidende Rolle bei der Arbeit mit Prozessdaten spielt und die Verfügbarkeit von Kontrollstrukturen innerhalb der Datenbank als wichtig erachtet wird, kommt PostgreSQL in der Version 8.1 (2006) mit der Erweiterung PostGIS in der Version 1.1.2 (2006) zum Einsatz. PostGIS nutzt die Definition von eigenen Datentypen, die in PostgreSQL vorgesehen ist. Zusätzlich werden durch die Definition von „user-defined functions“ Methoden zur Arbeit mit Geodaten bereitgestellt. Dazu wird die in PostgreSQL enthaltene Spracherweiterung „PL/pgSQL“ genutzt, die die Implementation von Kontrollstrukturen und prozeduralen Abläufen erlaubt. Für Geodaten stehen Datentypen und Funktionen zur Verfügung. Beispiele für derartige Funktionen sind die Prüfung der geographischen Lage zweier Objekte gegeneinander, Abstandsmessungen, Bildung von Puffern oder Umhüllenden von Punktwolken. Zudem ist eine Konvertierung der Daten für die Anzeige in unterschiedlichen Projektionssystemen möglich. Für die Bereitstellung dieser Funktionalität sind die Möglichkeiten von PL/pgSQL nicht ausreichend. Deshalb wird bei der Installation von PostGIS gleichzeitig eine in der Programmiersprache C++ verfasste Bibliothek mit Funktionen für Geodaten angebunden (GEOS - Geometry Engine Open Source).

Die Anbindung der Datenbank an eigene Kontrollstrukturen, die mit eigenen Modulen in Python implementiert werden, wird mit dem Datenbankadapter PSYCOPG (www.initd.org/psycopg) (Version 2.0.4, 2006) realisiert, der ebenfalls Open Source zur Verfügung steht. Das Zusammenspiel der unterschiedlichen Komponenten und die Funktionsweise von PostGIS zeigt Abbildung 28.

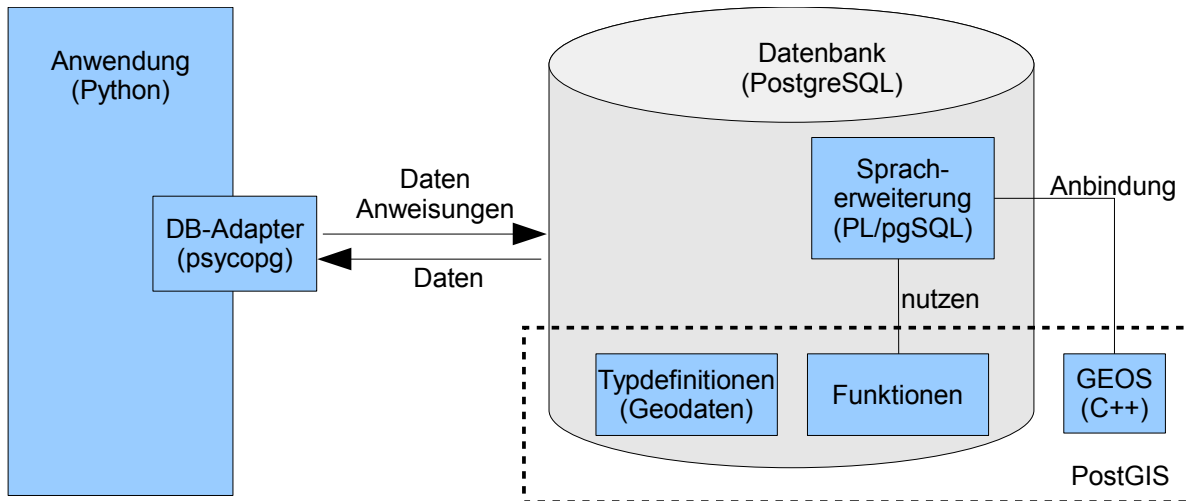


Abbildung 28: Datenbank und Komponenten zur Anbindung

4.3.4.2 Aufbau

Bei der Entwicklung eines Datenmodells für die Datenbank sind die notwendigen Inhalte und die geschätzte Nutzung der Daten von entscheidender Bedeutung. Dabei spielen vor allem die Anzahl der schreibenden und lesenden Zugriffe, die Komplexität der Anfragen und die übertragene Datenmenge eine Rolle. In Tabelle 6 sind die Charakteristika unterschiedlicher Zugriffe dargestellt.

Tabelle 6: Charakteristika von Zugriffen auf die Datenbank bei unterschiedlichen Funktionsbereichen

Zugriff	Lesen/Schreiben	Datenmenge	Zugriffshäufigkeit	Komplexität
Rohdaten einpflegen	Lesen	-	-	-
	Schreiben	+	-	0
direkter Abruf von Rohdaten und Auswertungen	Lesen	+	+	+
	Schreiben	-	-	-
Analyse	Lesen	+	-	+
	Schreiben	0	-	+
Abruf analysierter Daten	Lesen	0	+	-
	Schreiben	-	-	-

Bewertung: - gering, 0 neutral, + hoch

Beim Einpflegen von Rohdaten ist, wie im Importvorgang beschrieben, der vollständige Dateninhalt zu übertragen. Entsprechend groß ist das Datenvolumen, während durch den zeitlich steuerbaren Import eine begrenzte Häufigkeit der Zugriffe zu erwarten ist. Da ein definiertes Datenmodell übertragen wird, kann auch die Komplexität der Zugriffe in Grenzen gehalten werden. Lesezugriffe sind beim Import nur in begrenztem Umfang notwendig.

Für die Nutzung der Daten stehen zwei Alternativen zur Verfügung:

- Analysen werden direkt beim Zugriff durchgeführt. Die angeforderten Daten werden ausgeliefert, Ergebnisse der Analysen nicht gespeichert (Tab. 6 Zeile 2).
- Die Analyse wird vom Zugriff getrennt ausgeführt. Beim Zugriff stehen vorgefertigte Analysen bereit (Tab. 6 Zeilen 3 und 4).

Das Interesse des Nutzer richtet sich in der Regel auf aggregierte Information oder gezielt auf Prozessdaten mit bestimmten Eigenschaften, weniger auf Rohdaten. Bei der dafür notwendigen Analyse der Daten sind komplexe Anfragen notwendig, um Zusammenhänge herstellen zu können. Dabei müssen gleichzeitig oft enorme Mengen an Daten gelesen und verarbeitet werden. Durch den Wunsch der Aktualität von Information erfolgt in der Regel ein häufiger Zugriff. Wird also die Datenanalyse ad hoc beim Zugriff durch den Nutzer durchgeführt, führt das zur Übertragung großer Datenmengen bei hoher Komplexität der Anfragen und hoher Zugriffshäufigkeit, während sich durch die Aufteilung, die Häufigkeit komplexer Analysen reduzieren und ggf. auch in zeitliche Korridore mit wenigen Zugriffen auf die Datenbank legen lässt. Deshalb wird für den Aufbau der Datenbank eine Trennung der Bereiche für die Datenanalyse und die Bereitstellung für den Nutzer verfolgt.

Entsprechend dieser unterschiedlichen Anforderungen können im Aufbau der Datenbank mehrere funktionale Bereiche unterschieden werden (Abb. 29):

Administration: Hier werden die Stammdaten des Betriebes, wie Schläge, Anschrift und Arbeitskräfte, gespeichert. Zusätzlich werden auch Konfigurationen gespeichert, wie Berechtigungen von Benutzern für unterschiedliche Betriebe. Die Information, die beim Upload von Daten über die Zeitpunkte, Datenvolumina oder Dateinamen generiert wird, ist ebenfalls diesem Bereich zuzuordnen.

Rohdaten: Übernahme der Daten, wie sie von der Maschine kommen. In diesem Bereich ist das Datenmodell vollständig umgesetzt. Das Datenmodell von ISOXML und der Importvorgang sind bereits in 4.3.3 beschrieben. In diesem Bereich gibt es wenige, aber umfangreiche Schreibzugriffe.

Analyse: Hier werden die Daten für die Auswertungsmechanismen speziell vorbereitet. Dabei wird berücksichtigt, dass in diesem Bereich wenige, aber sehr umfangreiche Abfragen über mehrere Tabellen ausgeführt werden. Zum großen Teil handelt es sich um Lesezugriffe. So werden Daten wenn nötig aus verschiedenen Tabellen entsprechend zusammengestellt oder Informationen berechnet, die einen schnelleren Zugriff erlauben.

Bereitstellung: Die Ergebnisse der Auswertungen werden abgespeichert. Dies stellt eine bewusste Denormalisierung zu Gunsten der Performanz dar. Wenige Schreibzugriffe am Ende einer Auswertung stehen einer größeren Anzahl von Lesezugriffen über die Schnittstellen zur Datenbereitstellung gegenüber. Die Rohdaten werden durch Fremdschlüsselattribute unterschiedlichen Auswertungen zugeordnet.

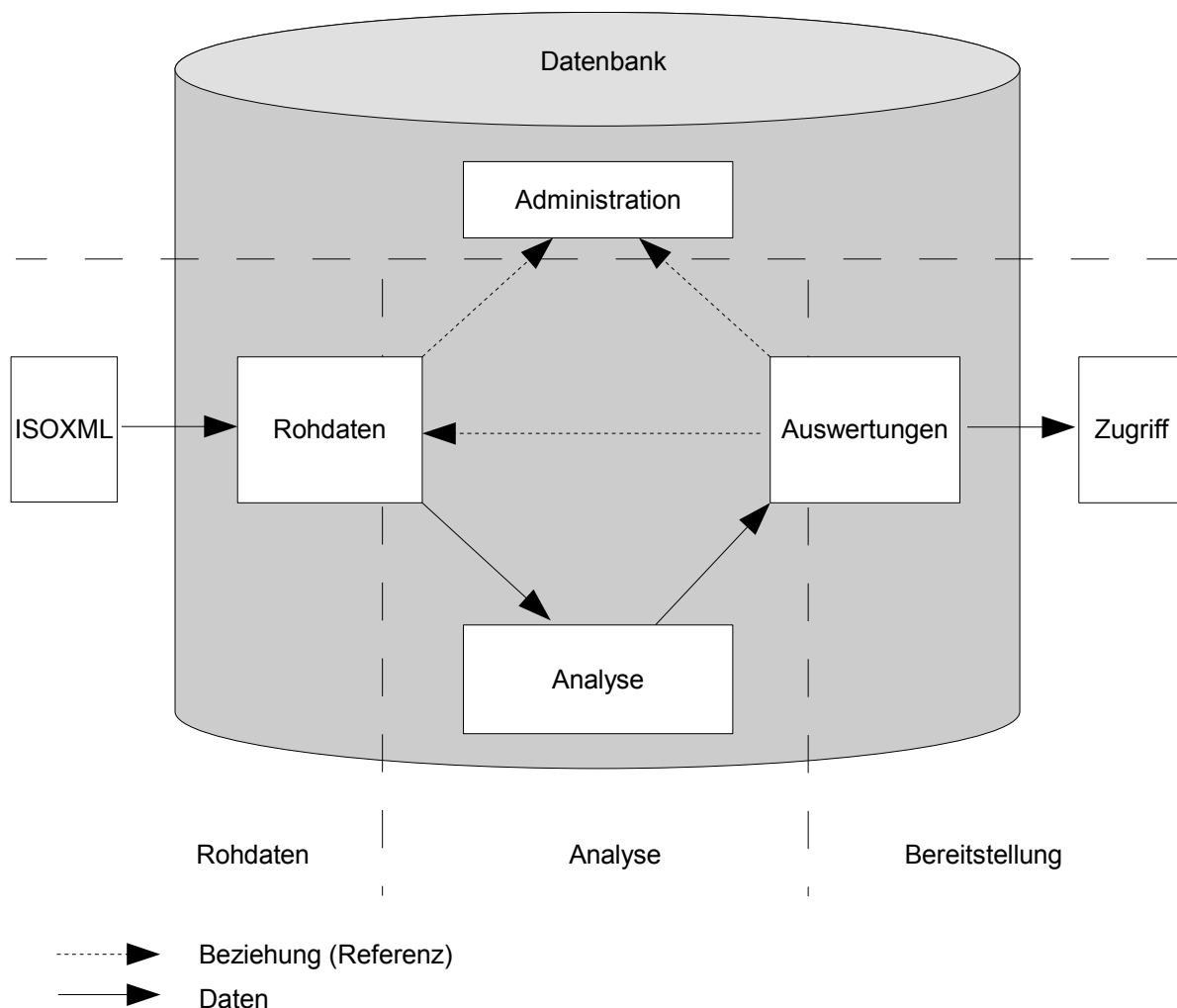


Abbildung 29: Funktionsbereiche der Datenbank und Zusammenspiel der Bausteine

Wie aus Abbildung 29 ersichtlich, werden die Informationen zunächst durch den in 4.3.3 beschriebenen Mechanismus in die Datenbank eingepflegt. Dabei werden auch Informationen über den Eigentümer der Daten und daraus resultierende Zugriffsberechtigungen generiert. Diese werden mit weiteren Metadaten im Administrationsbereich abgespeichert. Über Fremdschlüssel werden die Beziehungen zwischen Roh- und Metadaten hergestellt. Durch die Datenanalyse werden die Auswertungsdatensätze erstellt, welche ebenfalls im Administrationsbereich registriert werden. Gleichzeitig werden die Rohdaten über zusätzliche Fremdschlüsselattribute bestimmten Auswertungen zugeordnet und sind somit auch in dem neu geschaffenen Kontext abrufbar.

4.3.4.3 Funktionsweise

Wie im vorhergehenden Kapitel dargestellt, sollen Abruf und Analyse der Daten getrennt werden. Daraus ergeben sich für die Auswertung folgende Arbeitsschritte:

- Lesen der für die Auswertung notwendigen Daten aus der Datenbank,

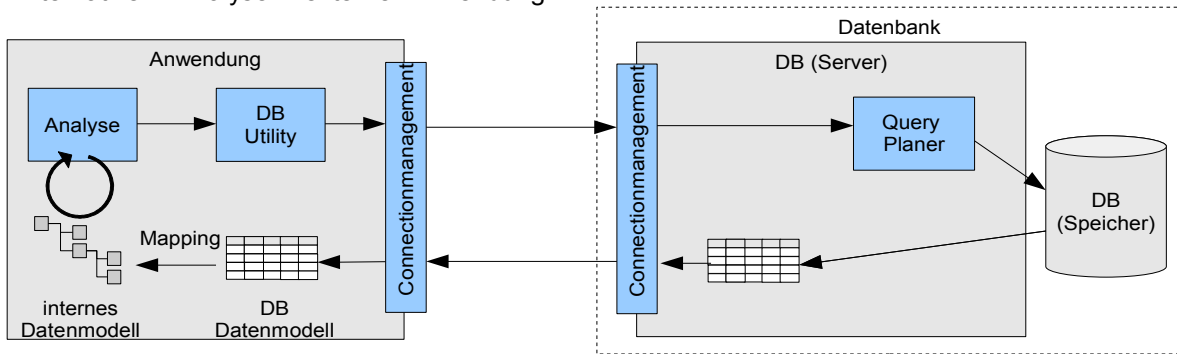
- Durchführen der Auswertung,
- Schreiben der Ergebnisse in die Datenbank.

Erster und letzter Schritt sind dabei Aufgaben der Datenbank. Für die Durchführung der Auswertung muss hingegen eine Anwendung entwickelt werden, die sowohl die Steuerung zeitlich aufeinanderfolgender Schritte übernimmt, als auch die Funktionen für einzelne Analyseschritte bereitstellt. Diese Anwendung kann innerhalb des Datenbankservers aber auch als externe Software realisiert werden.

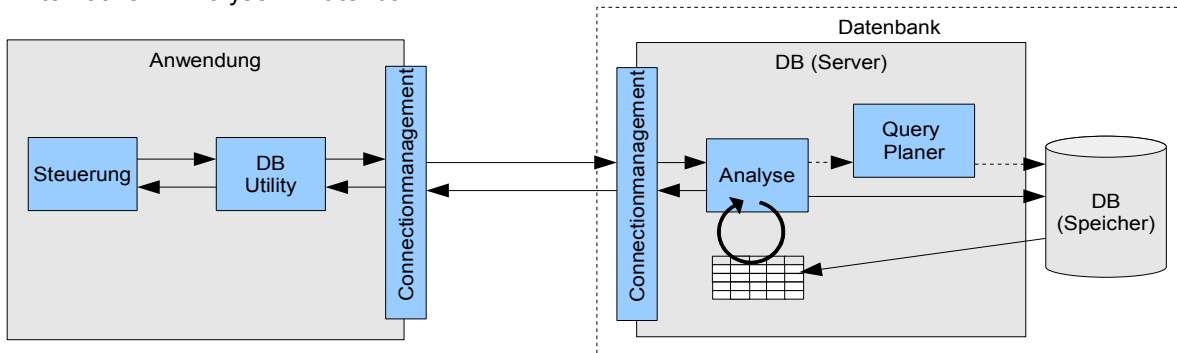
In Abbildung 30 sind diese Möglichkeiten gegenüber gestellt. In Alternative 1 wird die Datenanalyse durch eine externe Software übernommen. Die Analysekomponenten arbeiten mit einem eigenen Datenmodell. Werden Daten aus der Datenbank benötigt, müssen über spezielle Funktionen (DB Utility) Anweisungen und Abfragen an die Datenbank erstellt werden. Über ein Modul, das die Verbindung zur Datenbank bereitstellt (ConnectionManager) wird die Anfrage an den Datenbankserver gesendet. Dort wird die Anfrage angenommen. Über einen „Query Planer“ wird aus den verschiedenen Möglichkeiten der Abarbeitung der Abfrage die effektivste ausgewählt und eine Anweisung zum Holen der Daten erzeugt. Die Daten werden dann aus dem persistenten Speicher (z. B. Festplatte) gelesen und an die externe Anwendung weitergegeben. Diese Daten müssen nun in das interne Format der Anwendung übertragen werden (Mapping). Werden während des Analysevorgangs weitere Daten benötigt, so müssen diese Schritte für jede Anfrage wiederholt werden.

Alternative 2 (Abb. 30) zeigt hingegen die Funktionsweise einer in die Datenbank integrierten Analyseanwendung. Der Analysevorgang kann durch einen Befehl von einer externen Anwendung angestoßen werden. Der Analysevorgang selbst findet dann innerhalb des Datenbankservers statt. Daten können ohne zusätzlichen Übersetzungsschritt aus der Datenbank gelesen werden. Durch sogenannte „user-defined functions“, wie sie mit der Sprache PL/pgSQL in PostgreSQL möglich sind, können auch Kontrollstrukturen innerhalb der Datenbank definiert werden (siehe auch 4.3.4.1). Diese benötigen zudem den Query Planer nur beim ersten Aufruf, da für weitere Aufrufe die Suchpfade gespeichert bleiben. Am Ende der Analyse kann eine Fertigmeldung oder gegebenenfalls ein Fehlercode an die externe Anwendung zurückgegeben werden. Soll diese externe Anwendung vermieden werden, so ist es auch möglich über „Trigger“, die von der Datenbank bei bestimmten Ereignissen erzeugt werden, die Funktionen aufzurufen und den Analysevorgang zu starten.

Alternative 1: Analyse in externer Anwendung



Alternative 2: Analyse in Datenbank



Hardware

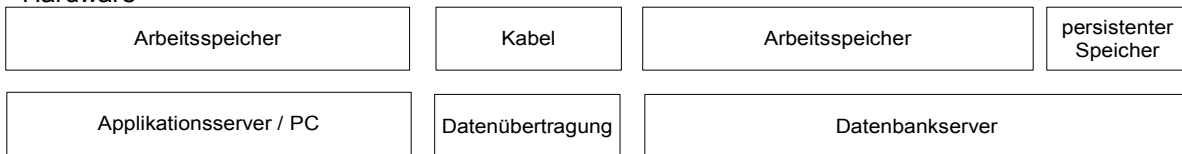


Abbildung 30: Möglichkeiten der Implementation von Analysekomponenten

Eine Implementation der Datenanalyse für den Prozessdatenservice mit PL/pgSQL innerhalb des PostgreSQL-Datenbankserver (vgl. Abb. 30, Alternative 2) scheint geeignet, um folgende Vorteile zu realisieren:

- Die Übergabe von Daten zwischen Datenbank und Auswertemodul entfällt; sowohl beim Lesen, als auch beim Schreiben. Ein Mapping zwischen den Datenmodellen der Datenbank und der Auswertungsumgebung kann vermieden werden.
- Dadurch lässt sich auch ein mehrfaches Abbilden derselben Daten im Arbeitsspeicher vermeiden.
- Schreiben und Lesen ist optimiert, da die Anfragen direkt innerhalb der Datenbank formuliert werden. Das Übersetzen von Anfragen des Auswertemoduls in SQL-Anweisungen ist nicht notwendig, da die Anweisungen bereits in einer von der Datenbank verarbeitbaren Sprache vorliegen.
- Die Übertragung großer Datenmengen über Kabel- oder andere Netzwerkverbindungen wird auf die Übertragung von Anweisungen reduziert. Auch die Verwal-

- tung der Verbindungen (Aufbauen, Schließen von Verbindungen) vom Auswertemodul zur Datenbank entfällt.
- Mit PostGIS sind bereits performante und getestete Funktionen für die Verarbeitung von Geodaten vorhanden. Diese müssen nicht eigens erstellt oder angebunden werden, sondern können direkt genutzt werden.
 - SQL bietet optimierte Mechanismen für die Gruppierung von Daten und die entsprechende Berechnung von Aggregationswerten, wie Durchschnitten. Diese stellen große Bereiche der Auswertung dar und sind in Programmiersprachen wie Python schwierig darstellbar.

Aus diesen Gründen wird ein in die Datenbank integriertes Analysesystem angestrebt. Damit ergibt sich ein verfeinertes Bild der Datenbankbereiche und der notwendigen Funktionen (Abb. 31).

Der Import der Daten (1a) wurde in 4.3.3 erläutert. Dabei werden auch Informationen über den Eigentümer der Daten und daraus resultierende Zugriffsberechtigungen generiert. Diese werden mit weiteren Metadaten im Administrationsbereich abgespeichert (1b). Teilweise werden Rohdaten für die Auswertungen vorbereitet (2) indem Spalten mit zusätzlichen Informationen gefüllt werden, die dann den Zugriff für die eigentlichen Auswertungen beschleunigen. Dies ist zum einen die Überführung der geographischen Information in Form von x- und y-Koordinaten in eine Referenz zu einer Fläche (Schlagzuordnung, siehe 4.3.5.1). Zum anderen werden gleiche Maschinenkombinationen zu „WorkingSets“ zusammengefasst, so dass in den weiteren Auswertungen nicht für jede Auswertung die Daten jeder Einzelmaschine zusammengefasst werden müssen. Die Möglichkeit eines Zugriffs auf die Einzeldaten bleibt jedoch erhalten.

Für die Auswertung müssen dann Daten gelesen werden. Dies kann durch einen direkten Abruf von Daten aus den Tabellen mit den Rohdaten erfolgen (3). Zusätzlich werden virtuelle Tabellen (Views) definiert, die bereits selektierte Daten bereitstellen (4). Diese können dann wie aus einer „normalen“ Tabelle abgerufen werden (5). Dies hat ähnlich der Nutzung der „user-defined functions“ den Vorteil einer schnelleren Ausführung und verbessert die Übersichtlichkeit der Abfragen durch eine Reduzierung komplexer Anweisungen auf einen Tabellennamen.

Erkenntnisse aus Verarbeitungsschritten können in die Originaldaten zurückfließen (6). Eine erneute Abfrage von Daten aus Views kann so zu einem veränderten Datenausschnitt führen. Damit ist durch eine Wiederholung der Schritte (4) bis (6) ein iterativer Analyseprozess möglich. Ergebnisse aus den Auswertungen werden dauerhaft in Tabellen gespeichert (8). Durch Referenzierung mit Fremdschlüsselattributen werden die Auswertungen im Administrationsbereich registriert (9a). Ebenfalls über Fremdschlüssel werden die Rohdaten bestimmten Auswerteeinheiten zugeordnet (9b). Dies erlaubt einen schnellen Zugriff auf die Rohdaten einer Auswertung. Die Auswertungen selbst stehen für einen direkten Zu-

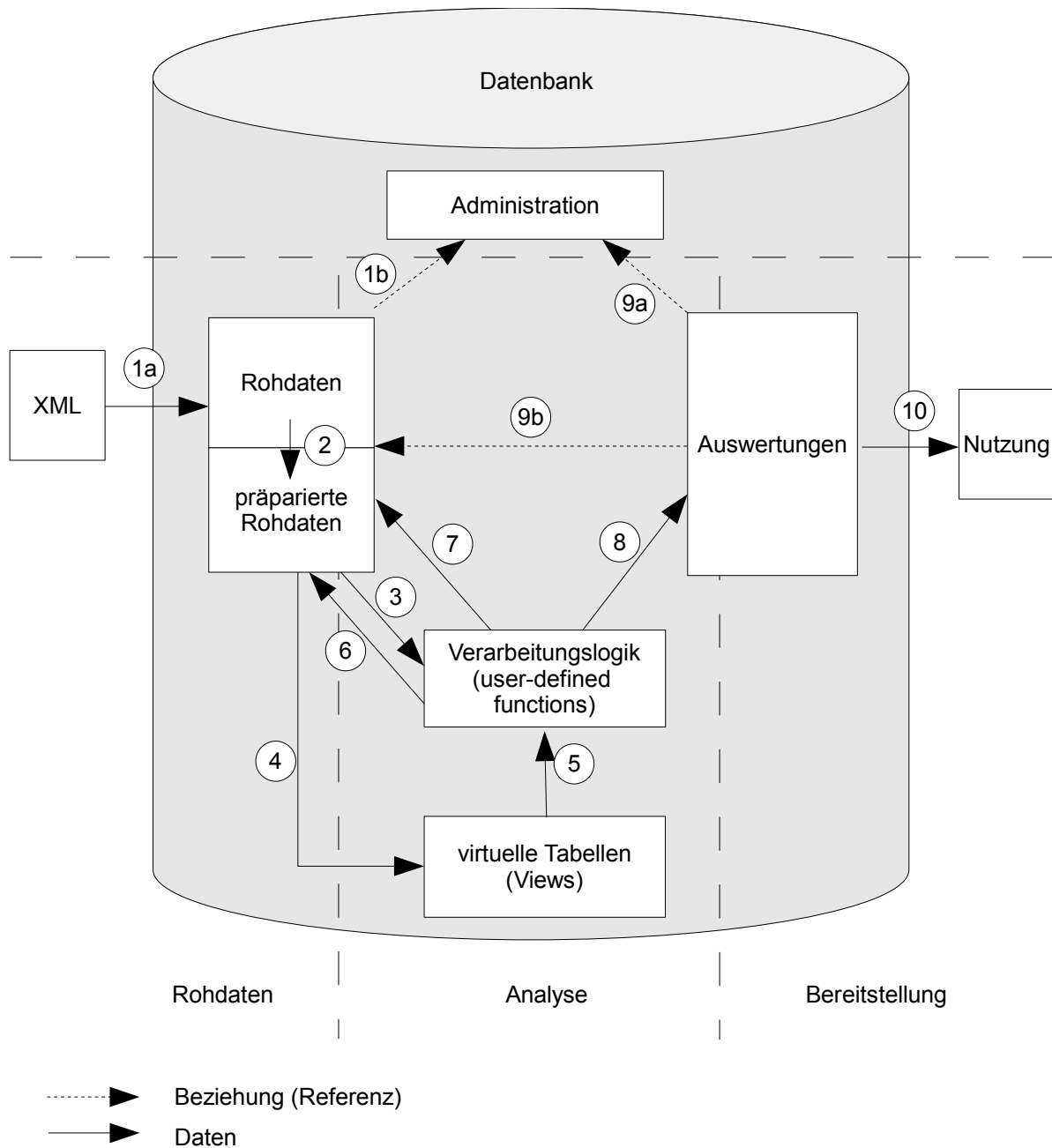


Abbildung 31: Bereiche und Funktionen der Datenbank

griff für die Nutzung bereit (10). Mit Hilfe dieser Mechanismen wurden die nun folgenden Datenverarbeitungsschritte und Analysen umgesetzt.

4.3.5 Datenverarbeitung und -analyse

Die Anforderungen an die Datenverarbeitung wurden in 3.2.5.2.2 beschrieben. Bei der Umsetzung soll versucht werden, die in vorhergehenden Entwicklung aufgedeckten Schwachstellen zu bearbeiten. Zudem müssen die Herausforderungen bedacht werden, die die Bereitstellung an einer definierten Schnittstelle mit sich bringt. Methoden, deren Tragfähigkeit bereits in den in 3.2.4 vorgestellten Arbeiten bewiesen wurde, sollen nur insoweit implementiert werden, wie es nötig ist, um die Anwendbarkeit auch für diese Weiterentwicklung

des Systems zu zeigen. Ziel ist es ausdrücklich nicht, die bereits funktionierenden Algorithmen in ihrer Gänze erneut zu programmieren, sondern festzustellen, ob an den bereits identifizierten Schwachstellen Lösungen oder Ansätze für weitere Entwicklungen gefunden werden können. Deshalb werden hier speziell die Identifikation von Transportprozessen und die Zuordnung zu Maßnahmen betrachtet. Zusätzlich soll besonderer Wert auf die Robustheit der Algorithmen zur Maßnahmenbildung gelegt werden. Dabei sollen vor allem Fehler in der geographischen Zuordnung durch Ausfall oder Ungenauigkeiten des GPS oder durch kurzzeitiges Verlassen eines Schlages zum Beispiel beim Wenden berücksichtigt werden.

4.3.5.1 Schlagzuordnung

Im Grunde bestimmen die Koordinaten eines Datensatzes bereits die eindeutige geographische Zuordnung. Trotzdem wird jedem Prozessdatenpunkt die ID eines Schlages zugewiesen. Die zugewiesene ID stellt keine geographische Kennzeichnung dar, sondern ist als prozessorientierte Zuordnung zu einer logischen Einheit zu verstehen. Der Schlag ist nicht nur als geographische Einheit, sondern als eine Bewirtschaftungseinheit zu sehen, für die in der Betriebsführung bestimmte aggregierte Werte berechnet werden. Aus ökonomischer Sicht kann in diesem Sinne von einer Kostenstelle gesprochen werden. In Abbildung 32 ist dieser Zuordnungsvorgang mit Hilfe der Funktion *setAreaId()* dargestellt. Dabei handelt es sich um eine „user-defined function“ mit PL/pgSQL, die nach den Prinzipien aus 4.3.4.3 umgesetzt ist.

```
CREATE FUNCTION setAreaId() RETURNS void AS
$BODY$
DECLARE
BEGIN
    Update timestamp set idarearef = NULL;

    Update timestamp set idarearef = f.areaaid from
        (select timestamp.idtimestamp as timid,area.idarea as areaaid
         from timestamp, area
         where intersects(timestamp.position, area.polygon)) as f
    where f.timid = timestamp.idtimestamp;

    update timestamp set idarearef = 0
        where idarearef ISNULL and position NOTNULL;

    update timestamp set idarearef = -1
        where position ISNULL;
END;
$BODY$
LANGUAGE 'plpgsql' VOLATILE;
```

Abbildung 32: Schlagerkennung mit PostGIS und mit den Mitteln der Datenbank umgesetzt in PL/pgSQL

In vier aufeinanderfolgenden update-Anweisungen werden zunächst alle Zuordnungen ent-

fernt und dann die drei möglichen Fälle abgearbeitet. Das Feld *idArea*, mit dem zu jedem Prozessdatenpunkt eine Referenz auf eine Bewirtschaftungseinheit gesetzt wird, nimmt dabei folgende Werte an:

- 1..n: ID eines Schlags (Fremdschlüssel zur entsprechenden Fläche),
- 0: Position ist keiner bekannten Einheit zuzuordnen (Bsp. Straßenfahrt),
- -1: keine Position zum Prozessdatum verfügbar (z.B. Ausfall des GPS).

In der zweiten Updateanweisung wird die PostGIS-Funktion "*intersects()*" aufgerufen. Durch die Übergabe von zwei Geometrien kann geprüft werden, ob diese einen Schnittpunkt haben. Hier wird ein Prozessdatenpunkt und ein Schlagumriss übergeben, so dass bei einem positiven Ergebnis der Punkt dem Schlag zugeordnet werden kann.

Diese Zuordnung wäre ausreichend für eine Bildung von Maßnahmen allein durch Gruppierung nach den Attributen zu Schlag, Maschine und Datum. Die oben angesprochenen Schwächen in der geographischen Zuordnung bleiben bestehen. Ein Ansatz bestünde darin, um jede Fläche eine definierte Pufferzone von beispielsweise 20 Metern einzurichten, in der sich eine Arbeitsmaschine bewegen kann. Die Daten, aus dieser Zone würden dann dem entsprechenden Schlag zugeordnet. Allerdings können so bei benachbarten Schlägen Überschneidungen auftreten, die eine eindeutige Zuordnung allein auf Basis der Position unmöglich machen. Deshalb wurde versucht, über eine weitergehende, ablaufbasierte Analyse diese Ungenauigkeiten der Zuordnung zu beheben.

4.3.5.2 Generieren von Ereignissen und Prozessen

Für die Ablaufanalyse ist es zunächst erforderlich die Daten chronologisch zu ordnen. Für diesen Fall wurden bereits beim Uploadvorgang die Daten in eine zeitliche Reihenfolge gebracht und mit fortlaufenden IDs versehen. Somit ergibt ein Vergleich eines Datensatzes mit $ID = n$ mit einem Datensatz mit $ID = n-1$ einen direkten Vergleich zeitlich benachbarter Datensätze. Die Frequenz der Datenerfassung spielt somit für die Funktionsfähigkeit des Algorithmus keine Rolle.

Durch diesen Vergleich werden Ereignisse identifiziert. Dabei tritt ein Ereignis *E* ein, wenn sich eine Datensatz zu einem Zeitpunkt t_2 anhand definierter Kriterien vom vorhergehenden Datensatz zum Zeitpunkt t_1 unterscheidet. An dieser Stelle werden zwei Kriterien definiert:

- Wechsel der Fläche (*IdArea*): Ein Arbeitsgespann wird einer neuen Fläche zugeordnet.
- Wechsel des Arbeitsgespannes (*IdWorkingSet*): In einem Arbeitsgespann kommt eine Maschine hinzu oder wird abgemeldet.

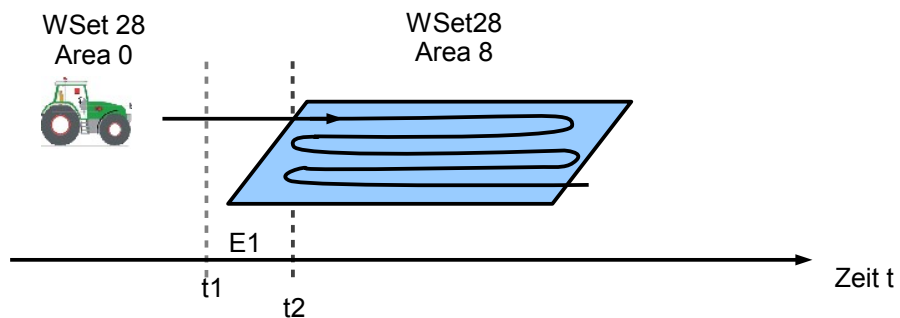
Diese Ereignisse lassen sich mit Hilfe eines Self-Join in der Datenbank herausfiltern (Abb. 33). Die folgende SQL-Anweisung gibt für alle so definierten Ereignisse einen Datensatz zurück.

```

SELECT
  t1.idtimestamp AS idtim1,
  t1.idarearef AS idarea1,
  t1.timestamp AS tim1,
  t1.idwsetref AS idwset1,
  t2.idtimestamp as idtim2,
  t2.timestamp AS tim2,
  t2.idarearef AS idarea2,
  t2.idwsetref AS idwset2
FROM timestamp t1
JOIN timestamp t2
  ON (t1.idtimestamp + 1) = t2.idtimestamp AND
     t1.idwsetref = t2.idwsetref
WHERE t1.idarearef <> t2.idarearef
ORDER BY t1.idtimestamp;
    
```

Abbildung 33: SQL-Anweisung für einen Self-Join zum Generieren von Ereignissen

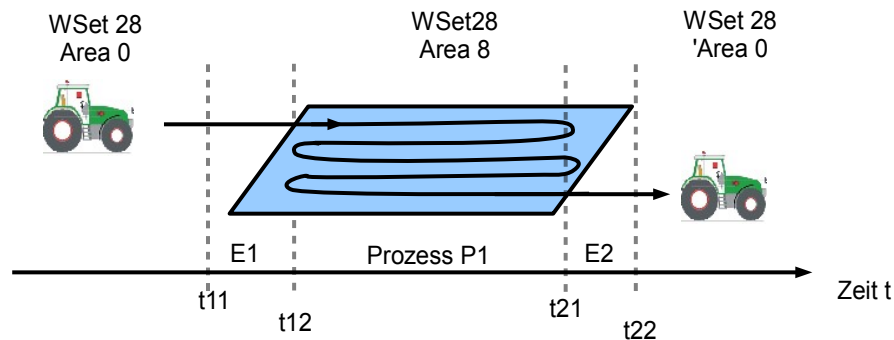
Die Funktionsweise kann an einem Beispieldatensatz erläutert werden: Um 15:13:15 Uhr fährt das Workingset mit der ID 8 auf das Polygon mit der ID 26, kommend von der Flächenzuordnung mit der ID 0 (keine Fläche zugeordnet) (Abb. 34).



Ereignis E1	
Vorbedingungen	Startbedingungen
idTime11 = 9999	idTime12 = 10000
t1 = 2006-04-11 15:13:14	t2 = 2006-04-11 15:13:15
idArea11 = 0	Idarea12 = 28
idWset11 = 8	ldwset12 = 8

Abbildung 34: Bedingungen und Eigenschaften eines Ereignisses

Ausgehend von diesen Ereignissen lassen sich nun Prozesse bilden. Dabei werden die Ereignisse miteinander verglichen. Ein Prozess lässt sich durch zwei Ereignisse definieren, bei dem die Startbedingungen des Ereignisses E1 gleich den Vorbedingungen des Ereignisses E2 sind. Um dabei sicher nur einen Prozess und nicht mehrere, sich überschneidende zu erhalten muss eine Einschränkung auf den jeweiligen Prozess mit der minimalen Dauer getroffen werden. Abbildung 35 zeigt den Aufbau eines Teilprozesses durch Kombination zweier Ereignisse mit übereinstimmenden Bedingungen.



Ereignis E1	
Vorbedingungen	Startbedingungen
idTime11 = 9999 t11 = 2006-04-11 15:13:14 idArea11 = 0 idWset11 = 8	idTime12 = 10000 t12 = 2006-04-11 15:13:15 idArea12 = 28 idWset12 = 8

JOIN

Bedingungen:
idArea 12 = idArea21
idWset12 = idWset21
Minimum(t21 - t12)

Ereignis E2	
Vorbedingungen	Startbedingungen
idTime21 = 12121 t21 = 2006-04-11 15:38:35 idArea21 = 28 idWset2 = 8	idTime22 = 12122 t22 = 2006-04-11 15:38:36 idArea22 = 0 idWset22 = 8

Prozess P1		
Vorbedingungen	Arbeitsphase	Folgebedingungen
idTime11 = 9999 t11 = 2006-04-11 15:13:14 idArea11 = 0 idWset11 = 8	idTimeStart (idTime12) = 10000 idTimeStop (idTime21) = 12121 timeStart = 2006-04-11 15:13:15 timeStop = 2006-04-11 15:38:35 idArea1 = 28 idWset1 = 8	idTime22 = 12122 t22 = 2006-04-11 15:38:36 idArea22 = 0 idWset22 = 8

Abbildung 35: Zusammenhang von Zeitpunkt, Ereignis, Prozess

Diese Prozesse lassen sich nun wieder ihrerseits analysieren. Es werden Bedingungen für ungültige Prozesse definiert, die damit herausgefiltert werden können:

- GPS-Ausfall: Auch wenn das GPS ausfällt, liefert eine Arbeitsmaschine noch Prozessdaten, die für die Bildung von Kennzahlen, die keine Georeferenz erfordern,

herangezogen werden können (z. B. durchschnittliche Arbeitsgeschwindigkeit). Hier ist das Zeitintervall, für das ein Ausfall ignoriert wird auf vier Minuten gesetzt.

- Kurzfristiges Verlassen einer Fläche: z.B. durch echtes Verlassen beim Wenden oder durch ungenaue Positionierung bei der Bearbeitung an der Grenze zu einer anderen Fläche. Die akzeptierte Zeitspanne wurde hier auf 150 Sekunden gesetzt.

Dabei dienen die Vor- und Nachbedingungen als wichtiges Prüfkriterium. Verlässt eine Maschine einen Schlag, fährt über einen Weg und dann in einen anderen Schlag, zeigt sich das in einer unterschiedlichen *idArea* der Vor- und Nachbedingungen. Ist ein solcher Prozess jedoch nur ein Wendemanöver außerhalb des entsprechenden Polygons, ist *idArea* bei den Vor- und Folgebedingungen gleich. Ist dieser Prozess kürzer als das definierte Intervall, ist er ungültig. Die Datenpunkte dieser Zeitspanne sind durch die rein geographische Zuordnung der falschen Bewirtschaftungseinheit zugeordnet.

Wird aber nun den Datenpunkten dieser ungültigen Phase die Einheit der Vor- und Nachbedingungen zugeordnet, indem die *idArea* genauso gesetzt wird, sind die Bedingungen für die Selektion des ungültigen Prozesses nicht mehr erfüllt. Bei einer erneuten Selektion nach diesen Kriterien, existiert der ungültige Prozess nicht mehr.

Diese Logik wurde durch eine Kombination aus Views und user-defined functions umgesetzt (siehe Abb. 31). Verschiedene Views sammeln die ungültigen Prozesse. Über den Aufruf der Funktionen *ignore_gps_out()* und *ignore_wset_area_change()* werden für jeden einzelnen Datenpunkt der ungültigen Prozesse die Zuordnungen zu *area* neu gesetzt. Dadurch ergibt sich für die Views eine neue Datengrundlage. Es können erneut der Definition entsprechend ungültige Prozesse auftreten. Deshalb läuft der Zuordnungsprozess in den Funktionen so lange, bis keine ungültigen Prozesse mehr gefunden werden (Abb. 36).

```
CREATE FUNCTION ignore_gps_out() RETURNS VOID AS
$$
DECLARE
  --
BEGIN
  WHILE (select count(*) from wset_gps_out_ignored) > 0 LOOP
    UPDATE timestamp SET idarearef = t.idareall FROM (
      SELECT * FROM wset_gps_out_ignored) AS t
      WHERE t.idtim11 < timestamp.idtimestamp and t.idtim22 > timestamp.idtimestamp;
  END LOOP;
END;
$$
LANGUAGE plpgsql;
```

Abbildung 36: Funktion zur Zuordnung von Daten bei GPS-Ausfall (PL/pgSQL)

4.3.5.3 Maßnahmenbildung

Nach dieser Bereinigung existieren nur noch gültige Arbeitsprozesse. Eine Maßnahme wird nun definiert als die Summe aller Prozesse, die

- auf einer Bewirtschaftungseinheit,

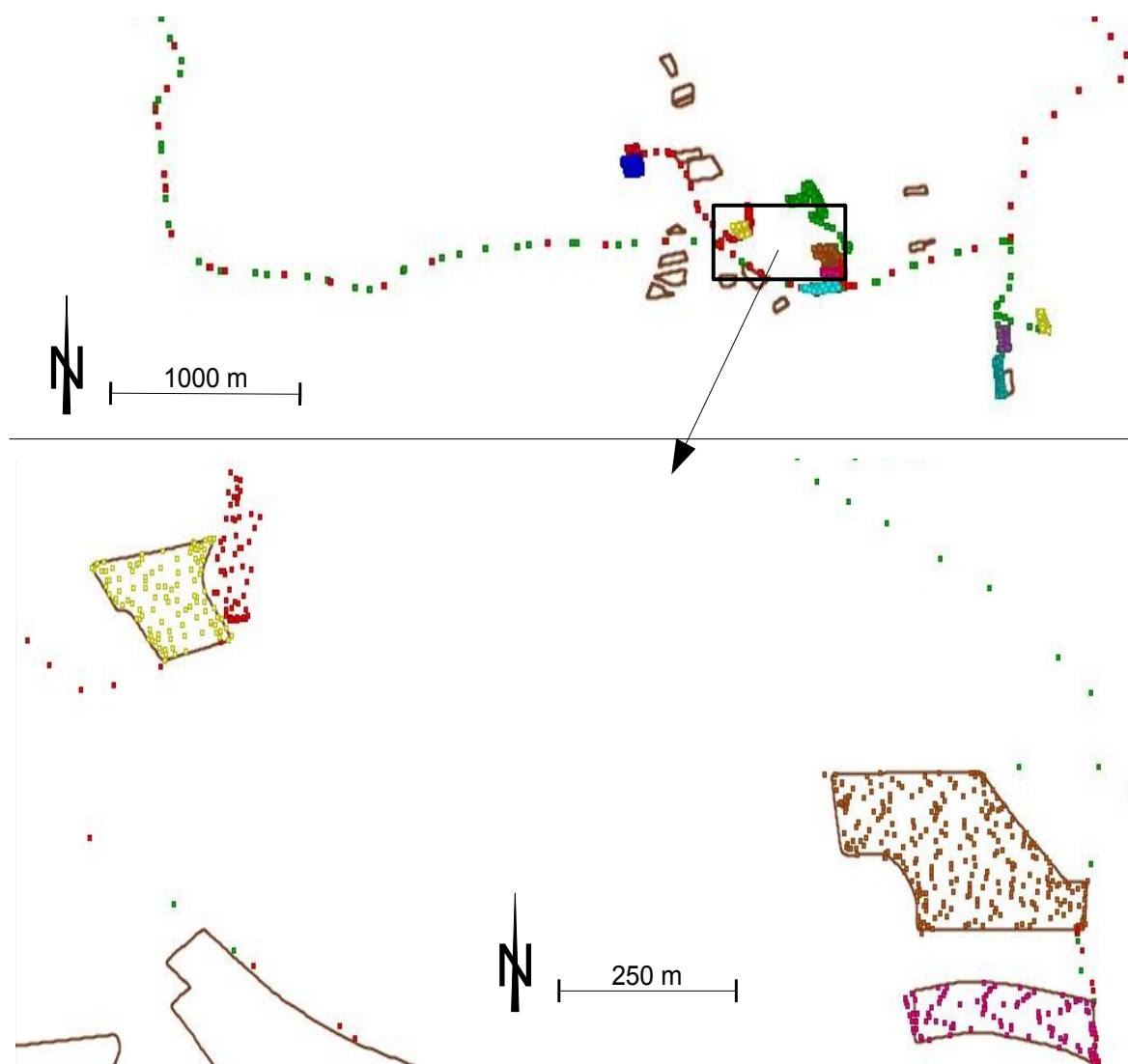
- mit einer Maschinenkombination,
- am gleichen Tag

begonnen wurden. Maßnahmen können so durch eine Gruppierung nach diesen Gesichtspunkten erstellt werden. Eine Maßnahme kann also aus mehreren Prozessen bestehen. Die Transportprozesse eines Tages ($IdArea = 0$) werden für jede Maschinenkombination zusammengefasst, sind so zunächst für die Gesamtheit der Maßnahmen mit einer Maschinenkombination verfügbar und können so auf die einzelnen Maßnahmen aufgeteilt werden. Durch die Kenntnis der Vor- und Folgebedingungen jeder Maßnahme ist es aber auch möglich, die Transportprozesse direkt zuzuordnen, bzw. die Prozesse in ihrer Reihenfolge darzustellen.

Die Maßnahmen, die bis zu diesem Zeitpunkt gewissermaßen nur dynamisch in Form von Views existieren, werden in eine eigene Tabelle übernommen und jeweils mit einer eindeutigen Id versehen. Zusätzlich wird zu jedem Prozessdatenpunkt eine Referenz zu dieser *Id-Job* geschrieben, um alle Punkte eines *Job* performant selektieren zu können. Darauf basierend können nun Kennzahlen für die Maßnahmen errechnet werden.

Auch die *IdWorkingSet* wird zu jedem Prozessdatensatz hinzugefügt, um eine gezielte Auswahl der Daten einer Maschinenkombination zu ermöglichen.

Abbildung 37 zeigt Prozessdatenpunkte mit einer Farbgebung je nach Zugehörigkeit zu einer Maßnahme. Dabei ist die Zuordnung zu den Schlägen erkennbar. In der zugehörigen Tabelle ist die farbige Zuordnung, Start- und Endzeiten, Anzahl der Datensätze und die Zahl der Prozesse, die die Maßnahme bilden, angegeben.



Job-ID	Schlag-ID	Start	Ende	Datensätze	Prozesse
89	-1	04.09.2006 05:18	04.09.2006 05:25	9	1
90	0	04.09.2006 05:26	04.09.2006 17:04	422	7
91	77	04.09.2006 06:23	04.09.2006 07:43	152	1
92	76	04.09.2006 07:49	04.09.2006 09:06	148	1
93	75	04.09.2006 09:18	04.09.2006 10:11	103	1
94	69	04.09.2006 10:23	04.09.2006 11:27	115	2
95	66	04.09.2006 11:28	04.09.2006 13:53	278	1
96	-1	05.09.2006 05:06	05.09.2006 05:10	5	1
97	0	05.09.2006 05:11	05.09.2006 17:06	397	8
98	61	05.09.2006 06:15	05.09.2006 08:31	212	3
99	63	05.09.2006 09:40	05.09.2006 10:40	116	1
100	72	05.09.2006 11:37	05.09.2006 12:46	132	1
101	55	05.09.2006 13:15	05.09.2006 15:11	205	2
102	54	05.09.2006 15:14	05.09.2006 16:30	155	3

Abbildung 37: Auszug von Maßnahmen und Darstellung in einem GIS (Farbe der Punkte nach Zuordnung zu einer Maßnahme)

4.3.5.4 Berechnung von Kennzahlen

Bei der Berechnung der Kennzahlen ist die Flexibilität, die ISOBUS bietet zu berücksichtigen. Erst nach der Bildung der Maßnahmen kann entschieden werden, für welche Prozessgrößen Kennzahlen errechnet werden können. Bei früheren Systemen zur automatischen Datenerfassung mit zeilenweiser Datenaufzeichnung [Spa00] wurde die Auswertungssoftware speziell an diese Daten angepasst, da durch das Datenerfassungsgerät alle Daten unabhängig von den angebauten Geräten und deren Ausstattung gleich waren. Da dies in ISOBUS nicht der Fall ist, muss hier eine dynamische Komponente eingebaut werden. Die Berechnung der Kenngrößen erfolgt durch Gruppierung zusammengehöriger Daten. Dabei werden die Aggregatsfunktionen in SQL genutzt, um Summen, Minimum, Maximum, Durchschnitt und Standardabweichung zu berechnen.

Als Basis für die Berechnung von Kennzahlen sind verschiedene Aggregate möglich. Voraussetzung ist die Durchführung einer Gruppierung ausgehend von dieser Einheit. Für den Prozessdatenservice wird eine Maßnahme (*job*) als zentrale Einheit verwendet. Jedem Prozessdatenpunkt ist über die *IdJob* einer Maßnahme eindeutig zugeordnet. Eine Gruppierung nach dieser Eigenschaft ergibt in Verbindung mit einer Aggregatsfunktion die Kennzahlen zur Maßnahme. Eine weitere Unterteilung der Maßnahmen über die Prozesse hinaus wurde nicht durchgeführt. Derartige Analysen zur Identifikation von Teilzeiten von Maßnahmen wurden in [RDA03], [DRSA01] beschrieben. Deren Realisierbarkeit ist damit gegeben und wurde nicht erneut geprüft.

Durch die Schaffung unterschiedlicher Aggregationslevels ist es möglich, nicht nur hierarchisch gegliederte Berechnungen durchzuführen, sondern parallele Systeme gleichzeitig zu verwenden. So kann nicht nur nach den automatisch gebildeten Maßnahmen ausgewertet werden, sondern auch nach den bereits in den Daten definierten Tasks, über die z. B. das Bedienpersonal die Datenerfassung strukturiert. So ist es möglich, dem Benutzer die Wahl zu geben, nach welchem System er verfahren möchte. Auf diese Weise werden unterschiedliche Zugriffspunkte für die verschiedenen Möglichkeiten der Datenverwendung geschaffen: Tages-, Wochen-, und Monats-Übersichten, Berechnungen spezifisch für eine Maschine oder fahrer- oder schlagspezifische Kennzahlen.

In dieser aufbereiteten Form stehen nun die Daten für die Nutzung bereit.

4.4 Bereitstellung der Daten

Im Folgenden sind die verschiedenen Komponenten zur Bereitstellung der Daten näher dargestellt. Dabei stehen zwei verschiedene Mechanismen für den manuellen Informationsabruf durch den Menschen und für automatisierte Zugriffe durch ICT-Komponenten zur Verfügung. Die Schnittstelle für den Menschen ist durch eine Webseite realisiert. Ergänzt wird diese durch ein WebGIS und Schnittstellen für GoogleEarth und agroXML. Die Schnittstelle für „Maschinen“ bildet ein Webservice.

4.4.1 Webseite – manueller Zugriff durch den Menschen

4.4.1.1 Datenportal

Für Zugriff, Visualisierung und auch zur Bearbeitung von Daten wurde eine Webseite eingerichtet. Wegbereiter dafür waren die Arbeiten von ROTHMUND (2004) [RA04b]. Diese Webseite wurde als Portal konzipiert. Thematischer Kristallisationspunkt für dieses Portal sind Prozessdaten. Im Portal können sowohl Daten als auch zugehörige Funktionen gebündelt werden. In diesem Sinne handelt es sich dabei um ein themenspezifisches Webinterface [WVB07].

Dies setzt die dynamische Anzeige von Inhalten abhängig von den Rechten des Benutzers unter Berücksichtigung der aktuellen Datenlage voraus. Dazu müssen zusätzlich zum eigentlichen Quelltext der Seite mit HTML weitere Komponenten eingesetzt werden. Abbildung 38 zeigt ein Beispiel, wie eine dynamische Webseite aufgebaut werden kann. Der Nutzer greift auf die Webseite über den Browser zu. Ein Webserver (Software) nimmt auf einem Server im Internet (Hardware) die Anfragen entgegen und interpretiert sie entsprechend den in der Seite enthaltenen Anweisungen, um dann eine Webseite mit den angeforderten Daten als Antwort an den Browser zu übermitteln. Diese Webseite besteht zum einen aus einem Gerüst in HTML, das durch die Nutzung von CSS (Cascading Style Sheets) gestaltet wird. Durch die Einbindung von Anweisungen in einer Programmiersprache wird die Seite dynamisch mit Inhalten gefüllt. Je nach Anfrage werden Inhalte aus der Datenbank in die Webseite eingebettet, die dann über den Webserver an den Browser ausgeliefert wird. Auf diese Weise lassen sich Funktion und Layout der Seite als getrennte Entwicklungsaufgaben handhaben.

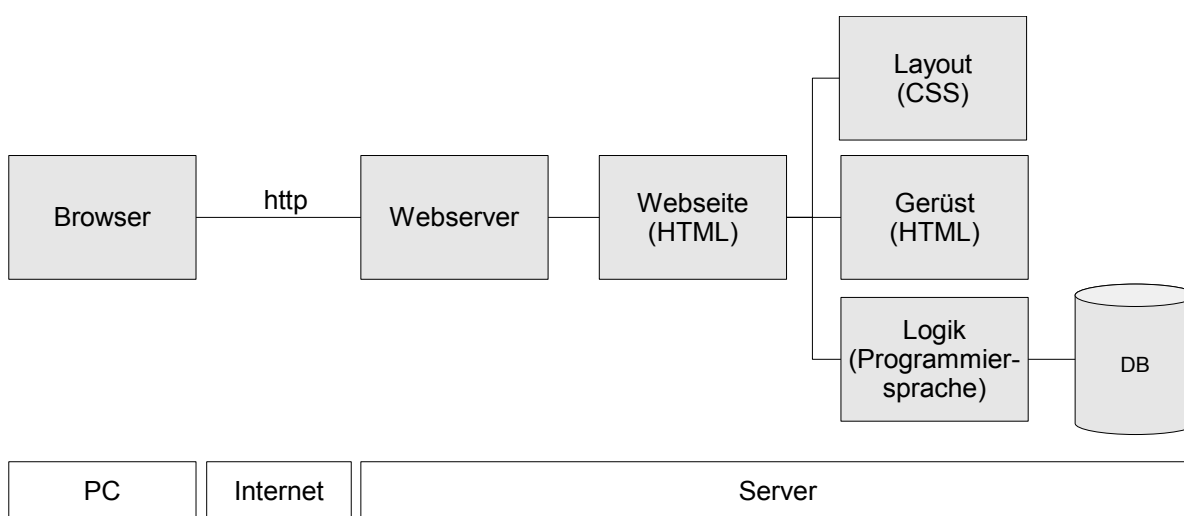


Abbildung 38: Möglicher Aufbau und Komponenten einer dynamischen Webseite

In der Praxis wird zum Aufbau von Webseiten häufig Software genutzt, die auf diesen Komponenten aufbaut. Diese sind meist der Gruppe der „Content Management Systeme“

(CMS) zuzuordnen und ermöglichen durch Abstraktion von den Basistechniken einer Webseite Aufbau und Verwaltung ohne spezielle Kenntnisse, indem aus diesen Basistechniken integrierte Editoren und Administrationstools aufgebaut werden. Für den Betrieb des Portals für Prozessdaten ist es ebenfalls notwendig, Entwicklung und Administration zu trennen. Da aber die Anbindung der umfangreichen und komplexen Datenbank für Prozessdaten erweiterte Anforderungen stellt, soll hier ein Applicationserver eingesetzt werden, der diese Funktionen nicht nur durch ein Set an Komponenten, sondern als eigene Anwendung „in einem Guss“ zur Verfügung stellt. Dabei ist auch der Webserver Teil dieser Anwendung.

Ein geeigneter Applicationserver für den Prozessdatenservice ist z. B. Zope (www.zope.com, Version 2.7.8, 2006). Dieser ist in der Programmiersprache Python geschrieben und setzt auf Objektorientierung bei der Programmierung. Zusätzlich wird Plone (www.plone.org, Version 2.1.2, 2006) als Contentmanagementsystem (CMS) verwendet. Darauf aufbauend wurde eine „Ploneprodukt“ mit dem Namen „Agridata“ entwickelt, das die Funktionalität für das Prozessdatenportal kapselt und die Bibliotheken, die für den Prozessdatenservice entwickelt wurden anbindet. In Abbildung 39 sind der Aufbau und die Komponenten dargestellt. In Zope sind die Komponenten für die grundlegende Funktionalität enthalten:

- Webserver: Interpretation der Anfragen, dynamisches Zusammenstellen der Seite,
- Templates: Vorlagen zum Beispiel für die Anzeige einer Maßnahme auf der Website,
- Skripts: Logikkomponenten, Verarbeiten von Anfragen, Zusammenstellen und Aufbereiten von Inhalten, Kontrolle funktionaler Abläufe,
- ZoDB: in Zope integrierte Objektdatenbank
- AdminTool: Einstellungen, Verwalten und Editieren der Komponenten, Benutzersteuerung.

Plone baut auf diesen Komponenten auf und stellt weitere Funktionen zur Verfügung:

- Aufteilung der Seitendarstellung auf mehrere Templates über ein komplexes Templatesystem,
- Definition konfigurierbarer Komponenten, z. B. Portlets mit Kalender- oder Navigationsfunktion,
- vorkonfiguriertes, editierbares Layout,
- Contentmanagementsystem (CMS) zur Definition eigener Inhaltstypen,
- erweitertes Admintool mit Rollen- und Workflowmanagement.

Diese Komponenten wurden nun wieder ihrerseits genutzt, um die Bibliothek „Agridata“ zu erstellen, die in Plone als „Produkt“ installiert werden kann und alle Komponenten und Funktionen beinhaltet, die für das Prozessdatenportal notwendig sind:

- Skin: Vollständig konfiguriertes Layout der Seite inklusive der Auswahl und Darstellung der Plonekomponenten, wie z. B. den Portlets,
- eigene Templates zur Darstellung der Prozessdaten,

- eigene Funktionen, wie z. B. die Konfiguration zur Datenbankanbindung,
- Skripte für notwendige Funktionen und die Anbindung der Bibliotheken für den Prozessdatenservice und die Datenbank.

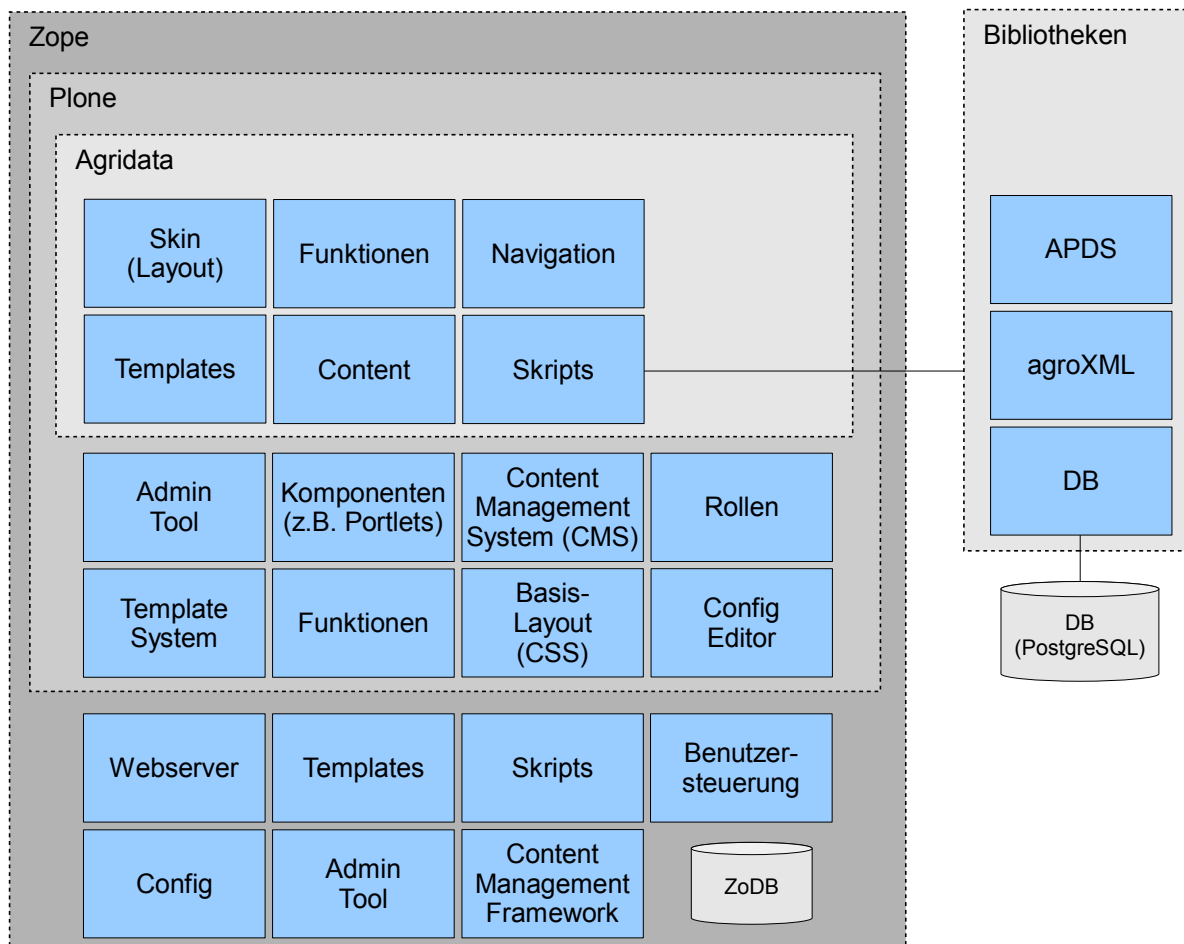


Abbildung 39: Aufbau des Portals mit den Komponenten von Zope und Plone

Die so erstellte Seite ist in Abbildung 40 zu sehen. Zu Erkennen ist der grundlegende Aufbau der Seite. Unterhalb der Logos finden sich die „Tableiste“ („Karteireiter“), die die Seite grob strukturiert. Auf der rechten Seite der Tableiste werden je nach Berechtigungen des Benutzers unterschiedliche Aktionen angezeigt. Diese Komponenten sind über das Templatesystem von Plone realisiert. Auf der linken Seite erzeugen „Portlets“ Navigation und Kalender. Die Darstellung der Prozessdaten erfolgt tabellarisch im Hauptbereich.

Um zu dieser Anzeige zu gelangen, ist zunächst die Anmeldung des Benutzers notwendig. Entsprechend seiner Berechtigung können dann durch Angabe einer Maschine, eines Schlags oder eines Zeitraumes die gewünschten Daten selektiert werden. In Abbildung 40 sind die Maßnahmen auf dem Schlag D01 aus einem Testdatensatz des Projekts IKB dargestellt. Jede Zeile steht dabei für eine Maßnahme und gibt durch Informationen wie Start- und Endzeitpunkte, Schlag, beteiligte Maschinen sowie die Anzahl der Datensätze für die

Prozessdatenservice – Prozessdatenservice - Mozilla Firefox

http://141.40.101.25:8090/apds/wimex/getJobsOfField_apde

geo-konzept
inventarisieren · kartieren · optimieren

agridata.de

TUM
TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
MÜNCHEN

startseite members news events

preagro mein ordner meine einstellungen rückgängig abmelden

sie sind hier: startseite

navigation

- Daten
- Maschinen
- Massnahmen
- Schlaege
- pre agro
- Prozessdatenservice
- Aufbau
- Partner
- Software

November 2007

Info	tum	Schlag	von	bis	Traktor	Geraet	Datensaetze	Typ	WebGIS	Info	Info
Info	15.10.2003	D01	08:21:15	21:07:11	Deutz	4-Schar Vollrehpflug	1437	Bodenbearbeitung	WebGIS	Info	Info
Info	26.05.2003	D01	13:41:19	18:33:47	Fendt Vario 716	Rauch Pneumatikstreuer	3577	min. Düngung	WebGIS	Info	Info
Info	30.05.2003	D01	07:35:55	20:54:26	Fendt Vario 716	Jakobi Anhängfeldspritze	9980	Pflanzenschutz	WebGIS	Info	Info
Info	19.09.2003	D01	09:14:43	19:16:05	Fendt Favorit 512	Kreislegge	27415	Bodenbearbeitung	WebGIS	Info	Info
Info	19.09.2003	D01	12:28:25	21:07:11	Fendt Vario 716	Amazone Drillkombination	5681	Saat	WebGIS	Info	Info
Info	20.09.2003	D01	07:01:45	17:09:26	Fendt Vario 716	Amazone Drillkombination	24766	Saat	WebGIS	Info	Info
Info	20.09.2003	D01	08:27:03	09:24:54	Fendt Favorit 512	Kreislegge	3225	Bodenbearbeitung	WebGIS	Info	Info

Alle gelisteten Jobs WebGIS

Abbildung 40: Übersicht über die Maßnahmen des Schlages D01 aus dem Projekt IKB auf der Webseite

Maßnahme einen Überblick. In der ersten Zeile ist beispielsweise eine Bodenbearbeitungsmaßnahme mit einem Pflug dargestellt. Aus dieser tabellarischen Übersicht kann der Nutzer über die in die Tabelle integrierten „Buttons“ zu den unterschiedlichen Ansichten der einzelnen Maßnahmen wechseln. Diese Buttons sind in Abbildung 40 mit den Ziffern 1 - 5 gekennzeichnet:

- „Info“ (Ziffer 1): Detaillierte Informationen zur Maßnahme (siehe Abb. 41). Beispielhaft sind dort die aggregierten Werte der Prozessdaten zu dieser Maßnahme mit den üblichen statistischen Kenngrößen tabellarisch wieder gegeben. Ein Ausbau auf mehrere Größen und eine differenziertere Betrachtung wäre möglich (siehe auch 4.3.5.4).
- „WebGIS“ (Ziffern 2 und 5): Visualisierung von Daten in einem webbasierten Geographischen Informationssystem. Die Daten einer einzelnen Maßnahme (Ziffer 2)

oder aller angezeigten Maßnahmen (Ziffer 5) aus der Tabelle wie in Abbildung 40 werden an das WebGIS übergeben und dargestellt (siehe 4.4.1.2). Dies soll die Bearbeitung und Eingabe von Daten mit Raumbezug ermöglichen.

- „Google Earth“ (Ziffer 3): Visualisierung von Daten im Programm „Google Earth“ (siehe 4.4.1.3). Daten können nicht bearbeitet werden.
- „agroXML“ (Ziffer 4): Download der Daten der Maßnahme und der dazugehörigen Prozessdaten im Format agroXML (siehe 4.4.1.4).

Massnahmenanalyse

Daten der Massnahme

MassnahmenId	135
Datum	24.10.2002
Beginn	08:21:15
Ende	21:07:11
Schlag	D01
Traktor	Deutz
Geraet	4-Schar Vollandpflug
Typ	Bodenbearbeitung
Datensaetze	1437

Analyse der Prozessdaten

Id	Prozessdatum	Durchschnitt	Min	Max	Stdev
1	Geschwindigkeit (Radar)	7.1	0.0	26.8	3.7
2	Geschwindigkeit (Getriebe)	7.6	0.0	27.4	3.8
3	Motordrehzahl	-32768.0	-32768.0	-32768.0	0.0
4	Kraftstoffverbrauch	-1.0	-1.0	-1.0	0.0
5	Kraftheber (Heck)	54.7	22.0	103.0	30.6
6	Kraftheber (Front)	127.0	127.0	127.0	0.0
7	Zapfwelle (Heck)	0.0	0.0	0.0	0.0
8	Zapfwelle (Front)	-32768.0	-32768.0	-32768.0	0.0
9	Zugkraft (links)	-4.8	-33.5	30.6	20.2
10	Zugkraft (rechts)	2.8	-26.5	38.0	18.2
11	Zugkraft (gesamt)	2.0	-65.6	48.7	37.9
12	Arbeitsbreite Gerät	1827.3	1800.0	2500.0	135.5

Abbildung 41: Detaillierte Ansicht der Maßnahme einer Bodenbearbeitung mit Vollandpflug aus Abbildung 40, Zeile 1 durch Aufruf des Buttons Info (Abb. 40 Ziffer 1)

4.4.1.2 WebGIS

Mit dem WebGIS soll eine Möglichkeit geschaffen werden, Daten mit Raumbezug zu visualisieren und vor allem zu bearbeiten. Das WebGIS (Abb. 42) wird durch einen Klick auf den Button in der Maßnahmentabelle aufgerufen (Abb. 40, Ziffer 2). Es ist als eigenes Modul konzipiert und an das Portal angebunden und nicht voll integriert. Dies ermöglicht zum einen eine von der restlichen Webseite unabhängige Entwicklung und gleichzeitig einen eigenständigen Betrieb auf einem anderen Server. Im linken Bereich werden die Geodaten angezeigt. Hier sind auch durch die Buttons die üblichen Funktionen zur Navigation und

Wahl des Bildausschnitts möglich. Die Sachdaten werden in Form von 2 Tabellen auf der rechten Seite angezeigt. Im oberen Bereich werden die Maßnahmen mit den wichtigsten Daten und der Färbung der zugehörigen Punkte dargestellt. Im unteren Bereich erhält der Nutzer durch eine tabellarische Darstellung einen Überblick über die Schläge. Über einen speziellen Button (Pfeil) ist eine Möglichkeit zum Anlegen neuer Schläge durch Einzeichnen eines Schlagumrisses integriert.

Dies kann zum Beispiel bei der Durchführung von Maßnahmen durch ein Lohnunternehmen notwendig sein. Findet die Bearbeitung auf einem unbekanntem Schlag statt, funktionieren aufgrund der fehlenden Schlaggeometrie die Algorithmen zur Schlagzuordnung nicht. Damit kann dafür auch keine eigene Maßnahme erstellt werden. Ein derartiges Beispiel ist in Abbildung 37 enthalten. Hier sind im unteren Bereich mehrere Maßnahmen zu sehen, deren Punkte eine maßnahmen- und schlagbezogene Färbung haben und von einem Schlagumriss umgeben sind. Gleichzeitig sind aber Punkte enthalten, die als Transportprozesse gekennzeichnet wurden (rot und grün). Eine Ansammlung von Punkten (rot) neben der Maßnahme mit der Id 99 (gelb), lässt allerdings den Schluss zu, dass hier eine Bearbeitung durchgeführt wurde, die nicht als allgemeiner Transportprozess kategorisiert werden kann. Um diese Punkte kann nun mit Hilfe des WebGIS, mit dem sich auch Luftbilder als Hintergrund laden lassen, ein Polygon als Schlagumriss gezeichnet und damit ein neuer Schlag definiert werden. Bei einer erneuten Auswertung wird für diese Punkte dann eine eigene Maßnahme erstellt.

Das WebGIS ist eine Entwicklung der Firma geo-konzept (www.geo-konzept.de). Die Grundkomponenten dieser Software wurden für die Einsatzplanung eines Hubschraubers zur Durchführung von Pflanzenschutzmaßnahmen in Weinbergen entwickelt und genutzt. Layout und Funktionalität wurden durch geo-konzept speziell für diesen Anwendungsfall angepasst.

Da die Entwicklung und der Betrieb des WebGIS getrennt von eigentlichen Portal erfolgen und auch grundsätzlich möglich sein sollten, müssen die Daten an einer Schnittstelle übergeben werden. Dazu stehen unterschiedliche Möglichkeiten zur Wahl (Abb. 43):

- Das WebGIS wird direkt an die Datenbank angebunden. Der Zugriff erfolgt über eine Datenbankverbindung und SQL-Anweisungen.
- Eine speziell für den Fall entwickelte Software steuert den Zugriff und den Datenfluss.

Eine standardisierte Software wird zwischengeschaltet, die die Daten dann auch an einer standardisierten Schnittstelle zur Verfügung stellt. Dies kann beispielsweise ein Webservice sein.

Portal - Mozilla Firefox

http://213.133.111.202:9080/preagro/map_big?img=map119452993239.png

Preagro - Prozessdatenmanagement online
zur Verfügung gestellt von [geo-konzept](#)

Besucher: **webgis**

In der Karte anzeigen: jobs schlaege

Karte aktualisieren | Daten übernehmen und Speichern | Fenster schließen (ohne Speichern)

Jobs	jobid	starttime	endtime	idarea	tractor	implement	jobtype	driver
	733	30.05.2003 09:35:55	30.05.2003 22:54:26	20	Fendt Vario 716	Jakobi Anhängfeldspritze	Pflanzenschutz	
	558	25.04.2003 10:24:01	25.04.2003 10:44:18	16	Fendt Favorit 512	Jakobi Anhängfeldspritze	Pflanzenschutz	
	365	18.03.2003 19:47:26	18.03.2003 20:11:05	16	Fendt Favorit 512	Jakobi Anhängfeldspritze	Pflanzenschutz	
	460	31.03.2003 17:05:39	31.03.2003 17:44:00	14	Fendt Favorit 512	Jakobi Anhängfeldspritze	Pflanzenschutz	
	1205	22.04.2004 13:47:50	22.04.2004 17:48:59	12	Fendt Vario 716	Jakobi Anhängfeldspritze	Pflanzenschutz	

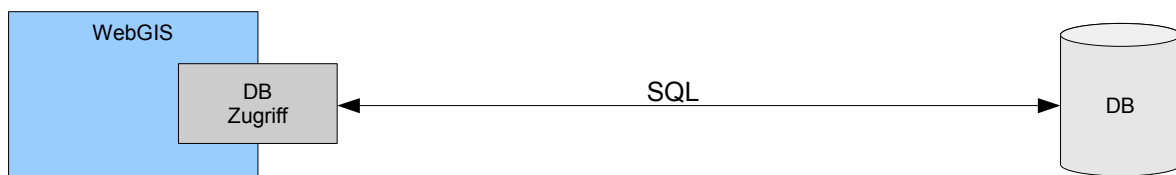
Flächen	idarea	name	owner	areatype	
	6	D24	Duernast		Löschen
	12	D13	Duernast		Löschen
	20	D01	Duernast		Löschen
	7	D23	Duernast		Löschen
	8	D22	Duernast		Löschen
	9	D21	Duernast		Löschen
	4	S04	Duernast		Löschen
	10	D20	Duernast		Löschen
	11	D18	Duernast		Löschen
	13	D09	Duernast		Löschen
	14	D08	Duernast		Löschen
	15	D07	Duernast		Löschen

Abbildung 42: Darstellung von Maßnahmen und Schlägen im WebGIS

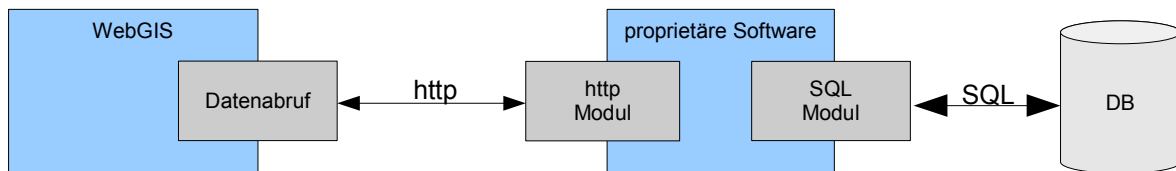
Zunächst wurde versucht, eine standardisierte Verbindung über einen Webservice herzustellen, um dabei folgende Vorteile zu realisieren:

- Für den automatisierten Zugriff auf die Prozessdaten durch ICT-Komponenten (4.4.2) wird ein Webservice benötigt. Dieser kann ebenfalls für diese Schnittstelle genutzt werden.
- Durch standardisierte Schnittstellen wird eine größtmögliche Unabhängigkeit der Entwicklung von Portal und WebGIS erreicht.
- Es muss keine eigene Software als Zwischenschicht erstellt werden. Lediglich die Konfiguration des Webservices ist notwendig.
- Für einen direkten Zugriff per SQL auf die Datenbank müsste ein Port des Datenbankservers nach außen geöffnet werden, was die Sicherheit vermindert. Außerdem muss bei einer Veränderung der Datenstrukturen in der Datenbank das WebGIS immer angepasst werden.

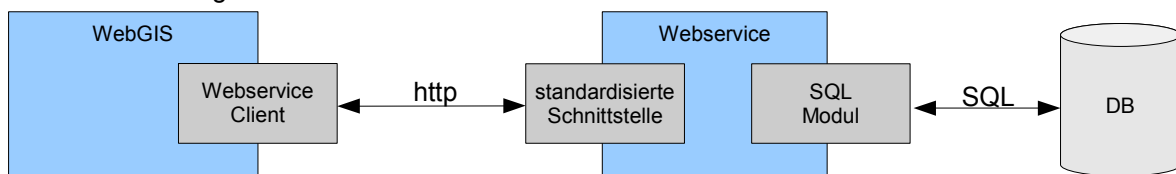
Alternative 1: Direkter Zugriff auf Datenbank per SQL



Alternative 2: Zugriffssteuerung über eigene Software



Alternative 3: Zugriff über standardisierte Schnittstelle eines Webservices



Hardware



Abbildung 43: Möglichkeiten zur Anbindung des WebGIS an den Prozessdatenservice

Als Webservice wird ein OGC-konformer „Web Feature Service“ (WFS) [OGC05] eingesetzt. Da die Anwendung nicht nur Daten lesen und visualisieren, sondern auch Daten speichern soll, ist es notwendig, dass der eingesetzte Service auch das Schreiben unterstützt. Dazu wird ein WFS-T benötigt (T - „Transactional“). Deegree (www.deegree.org) ist

eine Referenzimplementation des WFS-Standards und gleichzeitig Open Source verfügbar. Durch eine Konfigurationsdatei von Deegree wird festgelegt, aus welchen Tabellen oder Views die Daten aus der Datenbank zu lesen sind. Damit wird gleichzeitig die Struktur der Daten bestimmt, die dann der WFS zur Verfügung stellt. Als Format wird dabei das XML-basierte GML [OGC02] verwendet. Die genaue Funktionsweise des Webservice ist in 4.4.2 beschrieben.

Bereits bei der Konfiguration stellte sich heraus, dass trotz einer gesonderten Bereitstellung der Daten in Views innerhalb der Datenbank, die Komplexität in der Struktur der benötigten Daten zu groß ist und Deegree nicht den Anforderungen entsprechend konfigurieren war. Dabei gestaltet sich vor allem der schreibende Zugriff schwierig. Auch Versuche zur Vereinfachung der Datenstruktur führten nicht zu geeigneten Lösungsansätzen.

Aufgrund dieser Probleme wurde in einem zweiten Schritt das WebGIS dann direkt per SQL an die Datenbank angebunden (siehe Abb. 43, Alternative 1). Um die ursprünglich angestrebte Kapselung bis zu einem gewissen Grad realisieren zu können, wurden innerhalb der Datenbank spezielle Strukturen für den Zugriff durch das WebGIS geschaffen. Dies stellt auch im Bezug auf die Sicherheit einen Kompromiss zur ursprünglich angestrebten Lösung dar, da für den SQL-Zugriff ein Port der Datenbank nach außen geöffnet werden muss. Deshalb werden extra Datentypen innerhalb der Datenbank definiert. Zusätzlich definierte Funktionen verwenden diese Datentypen, um die notwendigen Lese- und Schreiboperationen auszuführen. Der Zugriff auf diese Funktionen ist benutzerabhängig steuerbar. Die Logik dahinter muss dem Benutzer der Funktionen nicht bekannt sein. So sind zum einen Änderungen in der Datenbank durch Anpassung dieser Funktionen abzufangen und führen nicht zwingend zu Veränderungen an der WebGIS-Komponente. Zum anderen sind die Funktionen, die für den Zugriff von außen zur Verfügung stehen stark eingeschränkt, um unberechtigten Zugriff auf Daten zu verhindern.

4.4.1.3 GoogleEarth

Aufgrund der Probleme in der Realisierung des WebGIS wurde nach einer einfachen Möglichkeit der Visualisierung der Daten gesucht. Da Google Earth bereits bei vielen Nutzern auf dem Computer installiert ist und auch der Umgang damit zum Teil bekannt oder zumindest leicht erlernbar ist, sollten Daten auch für diese Software zur Verfügung gestellt werden. Ziel war es lediglich eine Möglichkeit für eine schnelle Visualisierung zu schaffen. Ein Bearbeiten der Daten war in diesem Szenario nicht notwendig.

Das Programm GoogleEarth arbeitet mit Dateien der Keyhole Markup Language (*.kml). Es handelt sich dabei um ein XML-Format. Eine derartige Datei enthält die angezeigten Sachdaten selbst, zusätzlich Informationen über die Darstellung dieser Sachdaten, aber auch zur allgemeinen Anzeige, wie der Höhe oder dem Winkel und der Richtung des Betrachters. Anhand der Dokumentation kann eine solche Datei durch die Entwicklung einer Bibliothek selbst geschrieben werden.

Hier wird jedoch eine weitere Referenzimplementation eines Web Feature Service genutzt, die außerhalb des OGC-Standards auch das Schreiben von KML-Dateien erlaubt. Es handelt sich dabei um GeoServer (www.geoserver.org, Version 1.5.0, 2006). Dieser wird im Grunde wie Deegree konfiguriert, bietet aber auch eine eigene Weboberfläche mit deren Hilfe die notwendigen Einstellungen vorgenommen werden können. Dies gilt auch für die Ausgabe der KML-Dateien. Hier kann das Aussehen der Sachdaten und die Position des Betrachters definiert werden.

Die Anbindung des GeoServer erfolgt durch die Angabe eines Hyperlinks, der in jeder Zeile hinter dem Google Earth Logo durch ein Zope-Skript dynamisch hinterlegt wird (Abb. 40 Ziffer 3). Folgender Link fordert eine KML-Datei für die Maßnahme mit *idJob* = 5 an.

```
http://141.40.101.25:8080/geoserver//wms?service=WMS&request=GetMap&format=application/vnd.google-earth.kml+xml&width=1024&height=1024&srs=EPSG:4326&layers=apde:job&styles=job&bbox=-180,-90,180,90&filter=<ogc:Filter xmlns:ogc="http://ogc.org" xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml"><ogc:PropertyIsEqualTo><ogc:PropertyName>/idJob</ogc:PropertyName><ogc:Literal>5</ogc:Literal></ogc:PropertyIsEqualTo></ogc:Filter>
```

GeoServer verarbeitet die Anfrage und gibt die entsprechende KML-Datei zurück. Je nach Einstellung seines Browsers kann der Benutzer angeben, wo er die Datei speichern möchte oder Google Earth wird direkt geöffnet. Abb. 44 zeigt einen Screenshot aus Google Earth mit mehreren geladenen Maßnahmen als KML-Dateien. In diesem Screenshot wurden auch alle Schläge geladen, was ebenfalls über die Webseite möglich ist. Ein Klick auf das Icon von Maßnahme oder Schlag öffnet dann die entsprechenden Sachdaten. Die Daten der Maßnahme sind dabei als Linie (Track) dargestellt, um bei den technischen Möglichkeiten von Google Earth eine übersichtliche Darstellung realisieren zu können. Die Erstellung der Linie aus den einzelnen Prozessdatenpunkten wird mit Hilfe einer Funktion innerhalb der Datenbank umgesetzt.

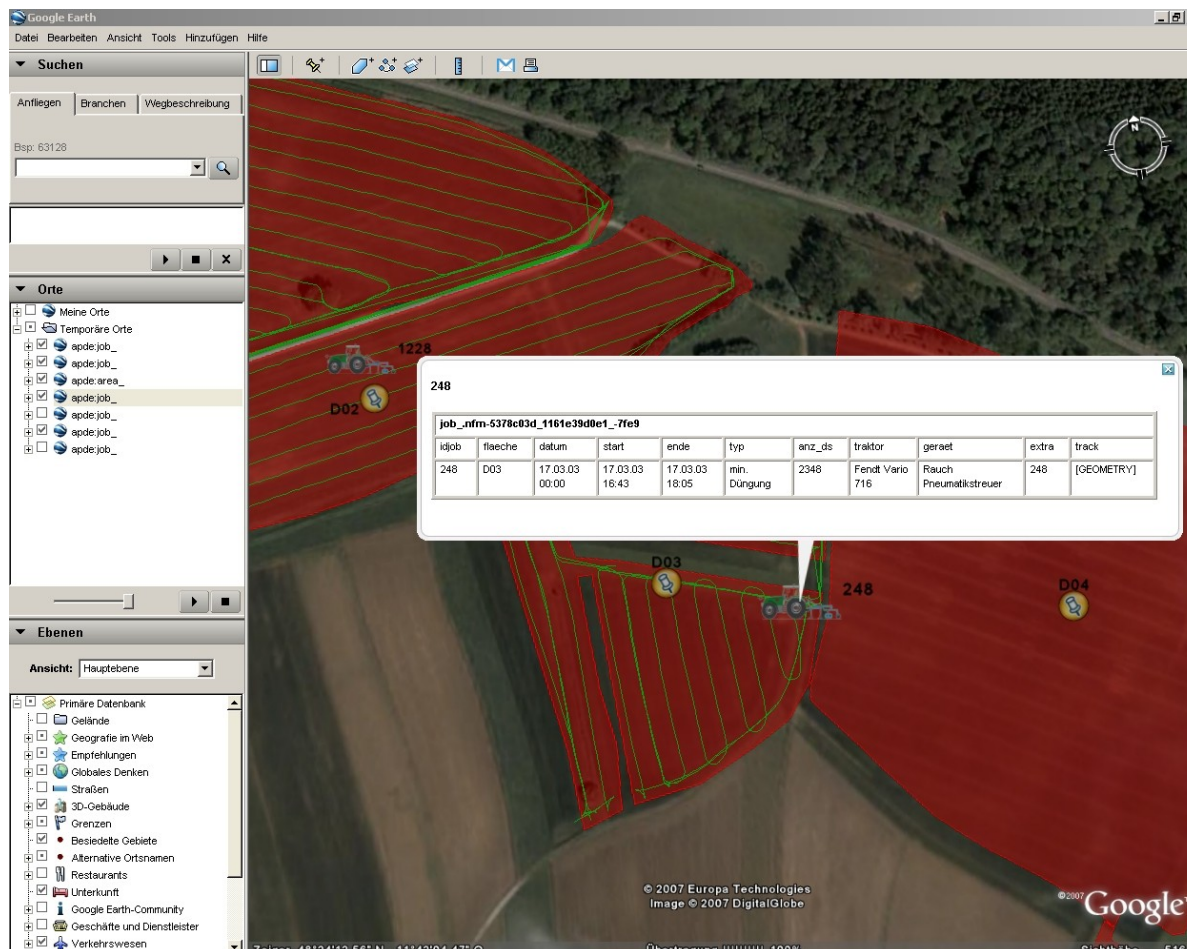


Abbildung 44: Darstellung von Maßnahmen und Schlägen in Google Earth

4.4.1.4 agroXML-Schnittstelle

Um dem Nutzer größtmögliche Flexibilität im Umgang mit den Daten zu geben, besteht die Möglichkeit, die Daten einer Maßnahme in Form einer agroXML-Datei direkt von der Webseite zu laden. Durch einen Klick auf das agroXML-Logo in der letzten Spalte einer Maßnahme wird der Download gestartet. Abbildung 45 zeigt einen Screenshot, bei dem bereits ein Download gestartet wurde und der Dialog zum Speichern der Datei angezeigt wird.

The screenshot shows a Mozilla Firefox browser window displaying the 'agridata.de' website. The page title is 'Massnahmen' and the content is 'Übersicht der Massnahmen fuer Schlag D01'. A table lists various agricultural measures. A dialog box is open over the table, asking to open an 'AgroXML-WorkProcessDocument.xml' file.

	Datum	Schlag	von	bis	Traktor	Geraet	Datensaetze	Typ			
Info	24.10.2002	D01	08:21:15	21:07:11	Deutz	4-Schar Voll drehflug	1437	Bodenbearbeitung	WebAgro	agroXML	
Info	26.05.2003	D01	13:41:19	18:33:47	Fendt Vario 716	Rauch Pneumatikstreuer	3577	min. Düngung	WebAgro	agroXML	
Info	30.05.2003	D01	07:35:55	20:54:26	Fendt Vario 716	Jakobi Anhängfeldspritze	9980	Pflanzenschutz	WebAgro	agroXML	
Info	19.09.2003	D01	09:14:43	19:16:05	Fendt Favorit 512	Kreiselegge	27415	Bodenbearbeitung	WebAgro	agroXML	
Info	19.09.2003	DC				kombination	5681	Saat	WebAgro	agroXML	
Info	20.09.2003	DC				kombination	24766	Saat	WebAgro	agroXML	
Info	20.09.2003	DC					3225	Bodenbearbeitung	WebAgro	agroXML	

The dialog box is titled 'Öffnen von AgroXML-WorkProcessDocument.xml' and contains the following text: 'Sie möchten folgende Datei herunterladen: AgroXML-WorkProcessDocument.xml Vom Typ: XML Document Von: http://141.40.101.25:8090'. Below this, it asks 'Wie soll Firefox mit dieser Datei verfahren?' and provides three options: 'Öffnen mit: Internet Explorer (Standard)', 'Auf Diskette/Festplatte speichern', and 'Für Dateien dieses Typs immer diese Aktion ausführen'. The 'OK' and 'Abbrechen' buttons are at the bottom.

Abbildung 45: Download einer agroXML-Datei aus dem Portal

Bei der Implementation [SRMSM07] werden die Bibliotheken, die im 4.3.2 vorgestellt wurden, von der Webseite aus angesteuert. Abbildung 46 zeigt den detaillierten Aufbau und Ablauf. Über den Browser hat der Nutzer Zugriff auf das Portal (Ziffer 1). Die Kontrolle des Portals übernimmt der Applicationserver (siehe 4.4.1.1). Für die Anzeige von Daten nutzt dieser eine Schnittstelle des Moduls APDS, um die gewünschten Daten zu erhalten (Ziffer 2). Dieses Modul stellt die Methoden zur Verfügung, um die gewünschte Information aus der Datenbank zu holen, entsprechend aufzubereiten und zurückzuliefern (Ziffer 3). Mit dieser Information wird dann die Webseite mit Inhalten gefüllt. Auch beim Abruf einer agroXML-Datei wird die Anfrage des Nutzers über den Browser an den Applicationserver weitergeleitet (Ziffer 1). Die Metadaten zum gewünschten Dokument werden an das Modul *agroXML* übermittelt, indem eine Methode des *agroXMLDocumentBuilders* aufgerufen wird (Ziffer 4). Die benötigten Daten fordert dieser über die selbe Schnittstelle wie auch der Applicationserver im Modul APDS an (Ziffer 5). Die von dort gelieferten Daten müssen dann in

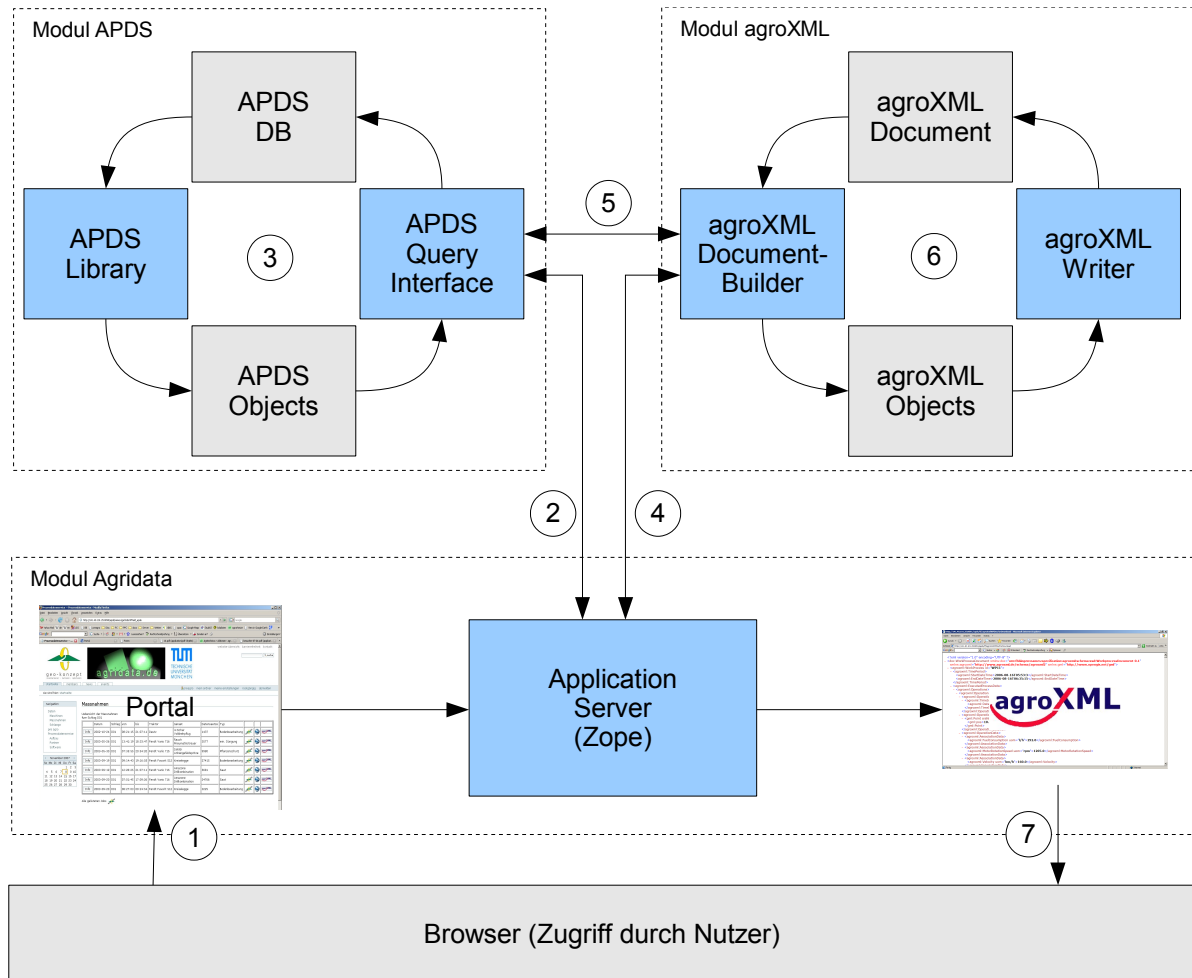


Abbildung 46: Komponenten und Vorgänge für den Download einer agroXML-Datei

die Struktur von agroXML übersetzt und daraus das agroXML-Dokument erstellt werden (Ziffer 6), das dann über die Webseite an den Benutzer übermittelt wird (Ziffer 7). Der Vorgang des Übersetzens von der internen Struktur der Anwendung (*apdsObjects*) in die Struktur von agroXML (*agroXMLObjects*) wird auch als „Mapping“ bezeichnet und ist in Abbildung 47 dargestellt. Dabei stellt der linke Bereich die Strukturen der Objekte innerhalb des Prozessdatenservice, im Speziellen die der Datenbank, dar. Auf der rechten Seite sind die Strukturen von agroXML abgebildet. Daraus wird ersichtlich, dass ein wesentlicher Teil der XML-Elemente nur aus strukturellen Gründen enthalten ist, nicht aber aus inhaltlichen.

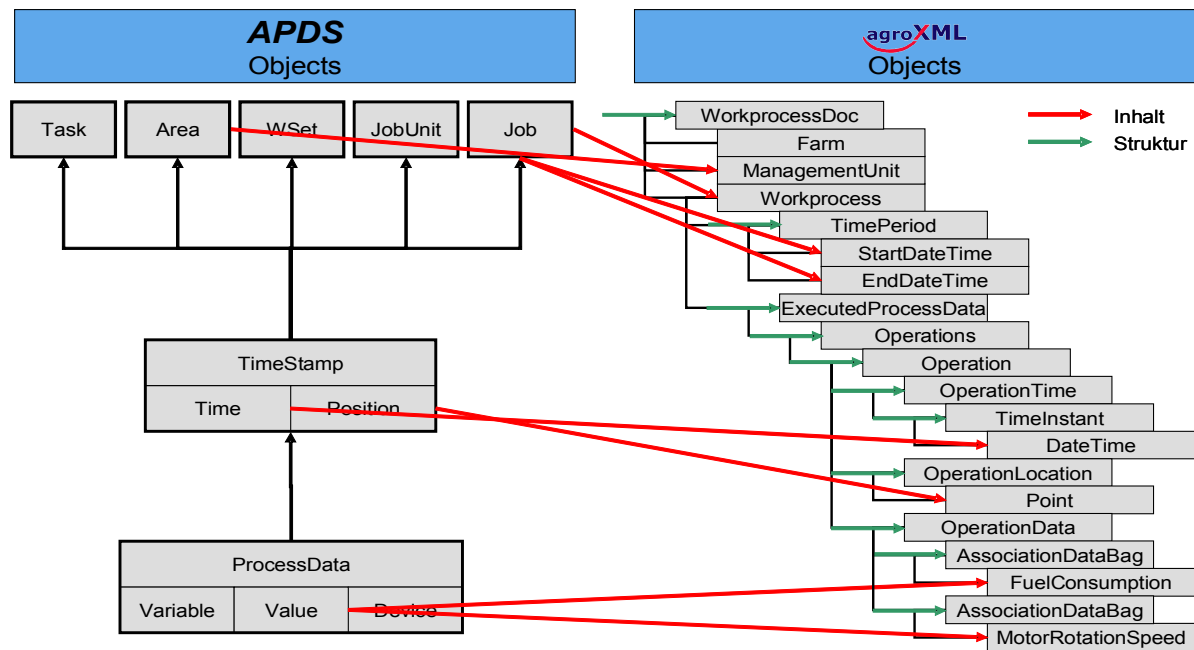


Abbildung 47: Mapping von Inhalten aus der internen Struktur der apdsObjects in die Struktur von agroXML

4.4.2 Webservice – automatisierter Zugriff durch ICT-Komponenten

Die Webserviceschnittstelle ist das zentrale Element, um Integration und Automatisierung gleichermaßen zu erreichen. Nur über eine solche Schnittstelle können manuelle Datenverarbeitungsschritte vermieden werden. Diese Schnittstelle dient als Ausgangspunkt für eine vielseitige Nutzung der Daten. Zentraler Anwendungsfall ist der Import der Maßnahmendaten in eine Schlagkartei, die die Gruppe der Farm Management Software repräsentiert (4.4.2.1). In zwei weiteren Anwendungsfällen werden die Nutzung für eine Anwendung zum Management von Abstandsauflagen beim Pflanzenschutz und für die Rückverfolgbarkeit beleuchtet (4.4.2.2 und 4.4.2.3).

Bei der Realisierung dieser Schnittstelle wird der Web Feature Service Deegree eingesetzt, wie dies auch beim ersten Ansatz der Implementation des WebGIS versucht wurde (siehe 4.4.1.2). Aufgrund der Komplexität des Datenformates agroXML (siehe 4.4.1.4), das für die Übertragung der Daten herangezogen werden sollte, konnte eine Übertragung in diesem Format nicht realisiert werden. Deshalb wurde der Webservice auf Basis eines vereinfachten Formats betrieben. Dennoch kann auch so die grundsätzliche Funktion der Webserviceschnittstelle untersucht und entsprechende Rückschlüsse gezogen werden.

Entsprechend der OGC-Standardisierung des Web Feature Service [OGC05] stellt Deegree unter anderem folgende Funktionen zur Verfügung:

- *GetCapabilities*: Beschreibung der Daten, die geliefert werden können,
- *DescribeFeatureType*: Beschreibung der Struktur eines einzelnen Features,
- *GetFeature*: Abfrage eines Features.

Dies sind die Mindestfunktionen für einen WFS. Das Schreiben von Daten ist mit diesen Methoden nicht möglich. Die Funktionen werden über einen HTTP-Request und der Methode GET aufgerufen. Diese sind grundlegender Bestandteil von Techniken zur Übertragung von Daten über das Internetprotokoll HTTP. Ein *GetCapabilitiesRequest* kann beispielsweise folgende Form haben:

`Http://127.0.0.1:7777/deegreewfs/wfs?VERSION=1.0.0&REQUEST=GetCapabilities`

Die Konfiguration des Webservice besteht zum einen aus Dateien, die den Zugriff auf die Datenbank steuern und zum anderen aus der Festlegung von Datentypen (Features) durch die Definition von XML- Schemata [W3C04]. In der Definition in Abbildung 48 werden die Eigenschaften des Features *WorkProcess* mit einem XML-Schema beschrieben. Dies ist gleichzeitig das Resultat, das bei einer Anfrage vom Type *DescribeFeatureType* zurückgegeben wird. In der Regel wird jeder Datentyp in einer eigenen Schemadatei (*.xsd) definiert.

```
<?xml version="1.0" encoding="iso8859-1"?>
<xsd:schema xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink" ...>
  <xsd:import namespace="http://www.opengis.net/gml"
    schemaLocation="http://schemas.opengis.net/gml/2.1.2/feature.xsd"/>
  <xsd:annotation>
    <xsd:appinfo>workprocess.xsd</xsd:appinfo>
  </xsd:annotation>
  <xsd:element name="WorkProcess" type="preagro:WorkProcessType"
    substitutionGroup="gml:_Feature"/>
  <xsd:complexType name="WorkProcessType">
    <xsd:complexContent>
      <xsd:extension base="gml:AbstractFeatureType">
        <xsd:sequence>
          <xsd:element name="ID" type="xsd:integer" minOccurs="0"/>
          <xsd:element name="type" type="xsd:string" minOccurs="0"/>
          <xsd:element name="startTime" type="xsd:string" minOccurs="0"/>
          <xsd:element name="endTime" type="xsd:string" minOccurs="0"/>
          <xsd:element name="FieldPartId" type="xsd:integer" minOccurs="0"/>
        </xsd:sequence>
      </xsd:extension>
    </xsd:complexContent>
  </xsd:complexType>
</xsd:schema>
```

Abbildung 48: Schemadefinition (XSD) des Elements „WorkProcess“

Entsprechend diesen Informationen muss ein Client dann seine Anfragen an den Service zusammenstellen. In Abbildung 49 ist eine solche Anfrage dargestellt. Hier werden alle Maßnahmen (*WorkProcess*) mit den zugehörigen Attributen (*ID*, *type*, *endTime*, *startTime*, *FieldPartId*) abgefragt. Gleichzeitig wird die Datenmenge durch einen Filter auf bestimmte Eigenschaften eingeschränkt. Im Beispiel werden alle Daten des Schlages mit der ID „16“, die vom Typ „Bodenbearbeitung“ sind und im Jahr 2004 stattgefunden haben, abgerufen. In Abbildung 50 ist die entsprechende Antwort des Servers abgebildet.

```

<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1"?>
<wfs:GetFeature outputFormat="GML2" xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml"
xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc" xmlns:wfs="http://www.opengis.net/wfs">
  <wfs:Query typeName="WorkProcess">
    <wfs:PropertyName>/ID</wfs:PropertyName>
    <wfs:PropertyName>/type</wfs:PropertyName>
    <wfs:PropertyName>/endTime</wfs:PropertyName>
    <wfs:PropertyName>/startTime</wfs:PropertyName>
    <wfs:PropertyName>/FieldPartId</wfs:PropertyName>
    <ogc:And>
      <ogc:Filter>
        <ogc:PropertyIsEqualTo>
          <ogc:PropertyName>/FieldPartId</ogc:PropertyName>
          <ogc:Literal>16</ogc:Literal>
        </ogc:PropertyIsEqualTo>
        <ogc:PropertyIsEqualTo>
          <ogc:PropertyName>/type</ogc:PropertyName>
          <ogc:Literal>Bodenbearbeitung</ogc:Literal>
        </ogc:PropertyIsEqualTo>
        <ogc:PropertyIsGreaterThan>
          <ogc:PropertyName>/startTime</ogc:PropertyName>
          <ogc:Literal>2004-01-01 00:00:00.1</ogc:Literal>
        </ogc:PropertyIsGreaterThan>
        <ogc:PropertyIsLessThan>
          <ogc:PropertyName>/endTime</ogc:PropertyName>
          <ogc:Literal>2004-12-31 23:59:59.0</ogc:Literal>
        </ogc:PropertyIsLessThan>
      </ogc:Filter>
    </ogc:And>
  </wfs:Query>
</wfs:GetFeature>

```

Abbildung 49: Anfrage zum Abruf von Daten an der Webserviceschnittstelle (hier: alle Bodenbearbeitungsmaßnahmen auf dem Schlag mit der ID 16 im Jahr 2004)

```

<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1"?>
<wfs:FeatureCollection xsi:schemaLocation="http://agridata.net/apds ...">
  <gml:featureMember>
    <gml:workProcess>
      <gml:ID>27</gml:ID>
      <gml:type>Bodenbearbeitung</gml:type>
      <gml:startTime>
        <gml:starttime>2004-08-26 09:37:36.0</gml:starttime>
        <gml:endtime>2004-08-26 11:48:26.0</gml:endtime>
        <gml:FieldPartId>16</gml:FieldPartID>
      </gml:workProcess>
    <gml:featureMember>
    <gml:featureMember>
      <gml:workProcess>
        <gml:ID>48</gml:ID>
        <gml:type>Bodenbearbeitung</gml:type>
        <gml:startTime>
          <gml:starttime>2004-09-15 08:13:56.0</gml:starttime>
          <gml:endtime>2004-09-15 11:49:48.0</gml:endtime>
          <gml:FieldPartId>16</gml:FieldPartID>
        </gml:workProcess>
      <gml:featureMember>
    </wfs:FeatureCollection>

```

Abbildung 50: Darstellung von zwei Maßnahmen („WorkProcess“) bei der Auslieferung durch den Webservice

Durch die Bereitstellung der Daten an dieser definierten Schnittstelle ist es nun möglich, die Daten für unterschiedliche Anwendungsfälle zu nutzen. Im Folgenden werden drei getestete Anwendungsfälle beschrieben.

4.4.2.1 Anwendungsfall FMIS

Als zentraler Anwendungsfall für das Projekt preagro wurde die Übertragung der Daten vom Prozessdatenservice in eine Schlagkartei definiert. Dabei sollen die Maßnahmen, die automatisch durch die beschriebenen Algorithmen generiert wurden, die manuelle Eingabe von Buchungssätzen in das Arbeitstagebuch der Schlagkartei ersetzen bzw. ergänzen. In der Schlagkartei agroNetNG wurde dieser Vorgang als benutzergeführter Prozess von Firma agrocom (www.agrocom.com) prototypisch umgesetzt [Oet08]. Der Landwirt wählt dazu die Funktion "Maßnahmen aktualisieren" und bekommt eine Liste der neuen Maßnahmen, wie sie vom Prozessdatenservice erstellt wurden. Diese kann er dann gegebenenfalls mit zusätzlichen Informationen ergänzen und bestätigen. Damit werden die Daten dann in die interne Datenbank der Schlagkartei übernommen. Abbildung 51 zeigt die Visualisierung einer Maßnahme in agroNetNG mit zusätzlich geladenen Prozessdatenpunkten.

Technisch ist dies in der Schlagkartei durch wiederholte Anfragen an den Webservice realisiert, bei denen durch entsprechend formulierte *GetFeatureRequests* die Daten abgerufen werden. Falls notwendig ist auf diesem Wege auch der Zugriff auf die einzelnen Prozessdaten der Maßnahmen möglich.

Mit der Integration der automatisch generierten Maßnahmen und den dazugehörigen Prozessdaten ist der geforderte Datenfluss zurück zum Landwirt realisiert.

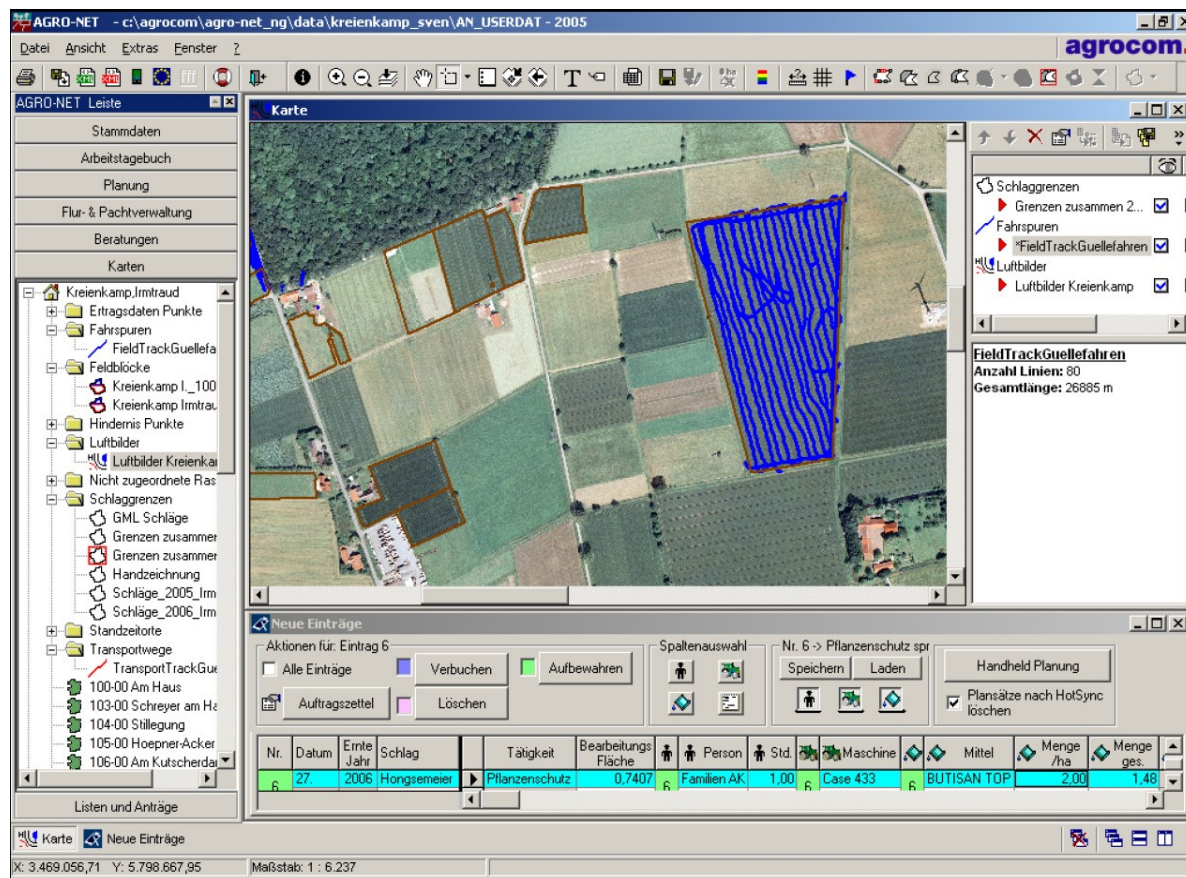


Abbildung 51: Screenshot des FMIS agroNetNG mit Daten des Prozessdatenservice [Oet08]

4.4.2.2 Anwendungsfall „Abstandsmanager“

Um weitergehende Möglichkeiten dieser Webserviceschnittstelle zu testen und das Potenzial dieses Lösungsansatzes einschätzen zu können, wurde ein weiterer Anwendungsfall getestet, bei dem die Daten des Prozessdatenservice in eine Anwendung aus mehreren Webservices integriert werden. In Zusammenarbeit mit dem Fachgebiet Geoinformationssysteme der TU München wurde eine Anwendung entwickelt, durch die der Landwirt prüfen kann, ob beim Pflanzenschutz alle Auflagen eingehalten wurden [DSS08].

Dabei nutzt eine Applikation mit einer Webseite als Webinterface mehrere Services, die den Open GIS Spezifikationen [OGC07] entsprechen (Abb. 52). Dies sind zum einen bereits existierende Services des Landesamtes für Vermessung und Geoinformation, die als „Web Map Service“ (WMS) Hintergrundkarten wie zum Beispiel Orthophotos liefern. In den Prozessdaten sind die Punkte mit Position, Arbeitsbreite, eingesetzter Pflanzenschutztechnik und Pflanzenschutzmittel enthalten. Die einzuhaltenden Abstände für das jeweilige Pflanzenschutzmittel werden über einen für den Test aufgesetzten Webservice (WFS), wie er von der Biologischen Bundesanstalt (BBA) bereitgestellt werden könnte, abgerufen. Mit diesen Daten errechnet die Anwendung "Abstandsmanager", ob die notwendigen Abstände eingehalten wurden. Die für diesen Vorgang notwendigen Funktionen nutzt der Abstandsmanager aber in Form weiterer Services (WSAS – Web Spatial Analysis Service). Die Da-

ten, die von den vorhergehenden Services abgerufen wurden, werden dazu für die Pufferung der Fahrspuren um die Arbeitsbreite und der Gewässer um die notwendigen Abstände an den WSAS übergeben. Wird eine Verletzung von Auflagen festgestellt, werden durch Verschneidung der Flächen ebenfalls im WSAS die betroffenen Flächenanteile ermittelt und an den Nutzer zurückgegeben. In dieser ersten Stufe muss der Landwirt die Daten der Maßnahme aus datenschutzrechtlichen Gründen über die Webseite des Abstandsmanagers hochladen. Technisch ist jedoch auch die direkte Anbindung des Prozessdatenservice möglich, wie sie in Abbildung 52 dargestellt ist.

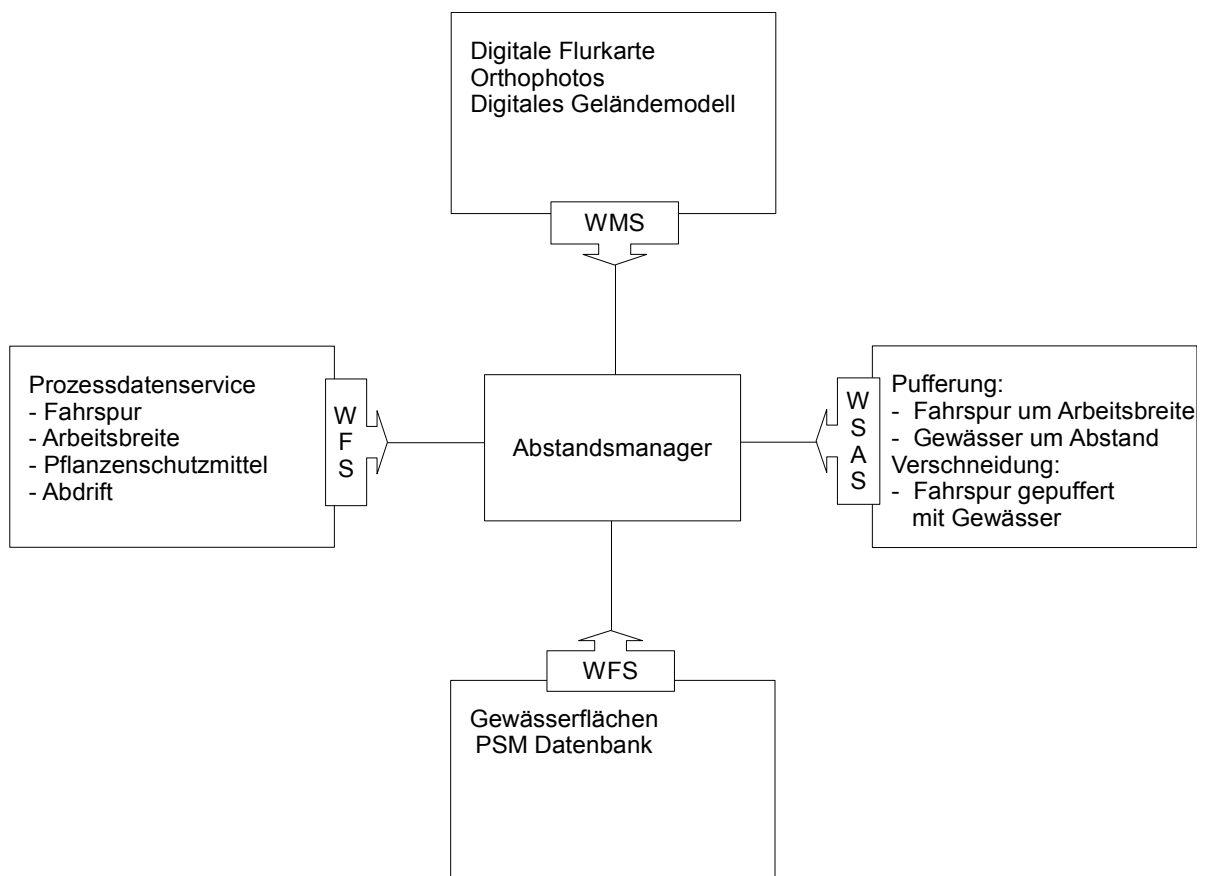


Abbildung 52: Webanwendung "Abstandsmanager" realisiert durch Kombination verschiedener Webservices [DSS08]

4.4.2.3 Anwendungsfall Rückverfolgbarkeit

In Zusammenarbeit mit Spezialisten für die Rückverfolgbarkeit von Produkten bei Kühltransporten der Polytechnischen Universität von Madrid wurde ein weiteres System implementiert, welches die Rückverfolgung von Lebensmitteln entlang der Wertschöpfungskette erlaubt [SRR07]. Dabei wird insbesondere die Bildung von Chargen berücksichtigt. Dazu muss die EU-Verordnung 178/2002 [EU02] berücksichtigt werden, die unter anderem eine Verpflichtung zur Dokumentation beim Umgang mit Lebensmitteln beinhaltet. Neben den Aufzeichnungen im Umgang mit einem Produkt ist es dabei auch notwendig zu dokumentieren, woher die eingesetzten Bestandteile kommen und an welche Kunden geliefert wur-

de. Dies ist Voraussetzung, um bei Problemen die Rückverfolgbarkeit zu sichern, die notwendig ist, um das aufgetretene Problem zu identifizieren und gegebenenfalls Produkte zurückrufen zu können. In Abbildung 53 sind die Eigenschaften einer Charge schematisch aufgezeigt. Dies ist gleichzeitig die Mindestinformation, um einen Rückverfolgbarkeitsservice aufbauen zu können. Die Charge selbst lässt sich durch eine Firmenkennung (CompanyID - CID) und eine Chargennummer (BatchID - BID) eindeutig identifizieren. Über ProzessIDs lassen sich auch Informationen über die Verarbeitung des Produkts zuordnen. Gleichzeitig ist eine Charge aus 1 bis n Vorstufen zusammengesetzt, die wiederum durch ihre Firmen- und Chargenkennungen (prevCID, prevBID) eindeutig identifizierbar sind. Bei der Abgabe an das nächste Glied in der Wertschöpfungskette muss lediglich eine Firmenkennung (nextCID) gespeichert werden.

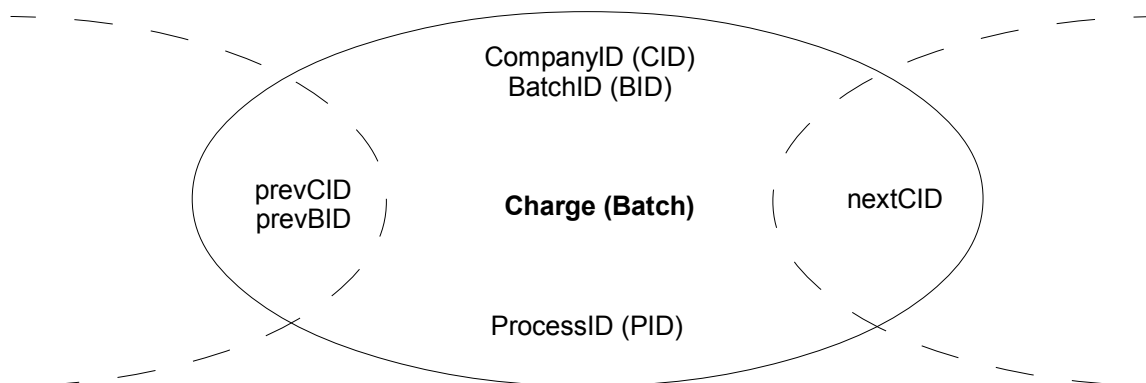


Abbildung 53: Eigenschaften einer Charge

Das System kann nun so aufgebaut werden, dass jedes Glied in der Wertschöpfungskette auch nur für die Bereitstellung seiner eigenen Daten verantwortlich ist. Die Chargenverfolgung muss dann von einer unabhängigen Stelle durchgeführt werden, die Zugriff auf die Daten der einzelnen Betriebe hat. Da ein manuelles Rekonstruieren dieser Pfade extrem aufwändig ist, wurde in Form einer Webseite eine Applikation aufgebaut, die als Client auf die verschiedenen Services der Firmen zugreift und so den Weg einer Charge nachzeichnen kann. In Abbildung 54 sind die notwendigen Services und ihr Zusammenspiel skizziert. So kann der Nutzer über den Browser die Anwendung steuern. In einer Serviceregistry, die selbst als Webservice ausgebildet ist, sind die einzelnen Services der Firmen mit ihrer genauen Adresse registriert. Mit Hilfe dieser Adressen formuliert die Software zur Chargenverfolgung dann Anfragen an die unterschiedlichen Services. Der Aufbau eines Pfades einer Charge ist so ein iterativer Prozess, in dem zuerst die Information einer einzelnen Charge abgerufen wird. Durch die Information der Vorgänger- und Nachfolgerchargen lassen sich von der Serviceregistry die Adressen für die Services zum Abrufen der Information dieser weiteren Chargen ermitteln. Für diese Chargen werden dann erneut Informationen abgerufen. Dies stellt zwar im weiteren Sinne eine dynamische Kopplung von Services dar,

da bei der Entwicklung die Service nicht bekannt sind. Allerdings treten die Unwägbarkeiten im Bezug auf die genaue Funktion und das Format der angesprochenen Services, die normalerweise bei einer dynamischen Kopplung auftreten, nicht auf, da alle Services mit identischer Schnittstelle und Datenformat betrieben werden.

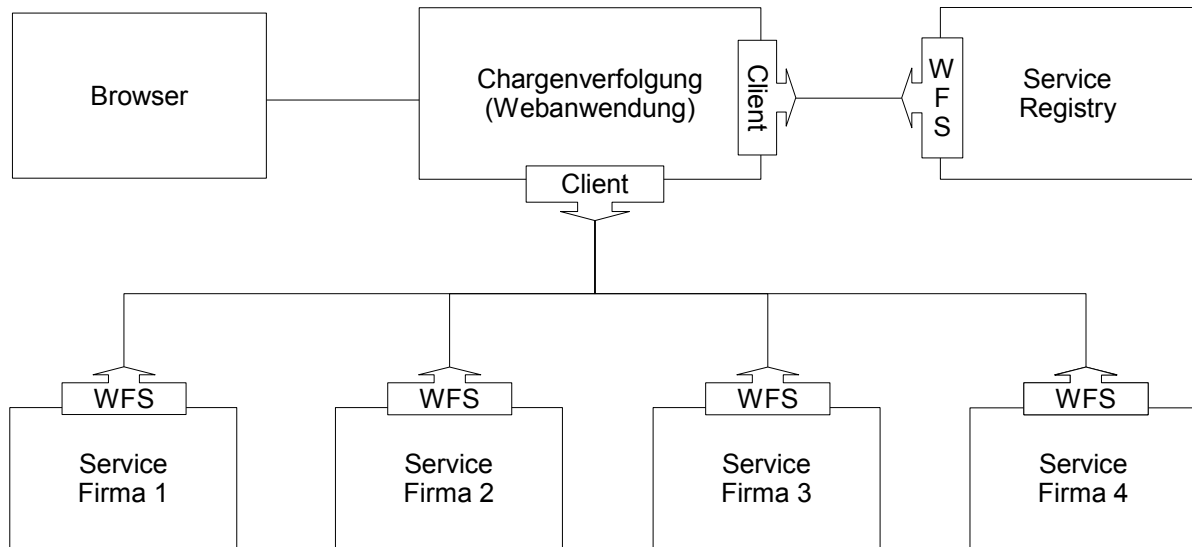


Abbildung 54: Aufbau der Rückverfolgbarkeitsanwendung

Für den Nutzer wird dies übersichtlich in Form einer Webseite dargestellt. Nach Eingabe einer CompanyID (CID) und einer BatchID (BID) werden die verfügbaren Informationen für die Charge angezeigt (Abb. 55). Mit den drei Buttons lässt sich die Anwendung steuern, bzw. detaillierte Information anzeigen:

- Button „center“: Abrufen des Pfades für diese Charge. Diese Charge wird dann bei der Anzeige des Ergebnisses im „Zentrum“ (oben) stehen (siehe Abb. 56).
- Button „ProcessInfo“: Abrufen von Prozessinformation. Handelt es sich dabei um einen landwirtschaftlichen Prozess, wurde für diesen Fall der Prozessdatenservice als Datenlieferant angebunden.
- Button „CompanyInfo“: Informationen über die zuständige Firma wie Kontaktinformationen und Internetadressen der verfügbaren Services.

Batch		Company	
cid:	ret0001	Name	FastTrade
bid:	bid0001	Responsible:	Kellner
pid	x	email:	Kellner@FastTrade.org
type	retail	phone:	

center ProcessInfo CompanyInfo

Abbildung 55: Darstellung einer einzelnen Charge auf der Webseite der Rückverfolgbarkeitsanwendung

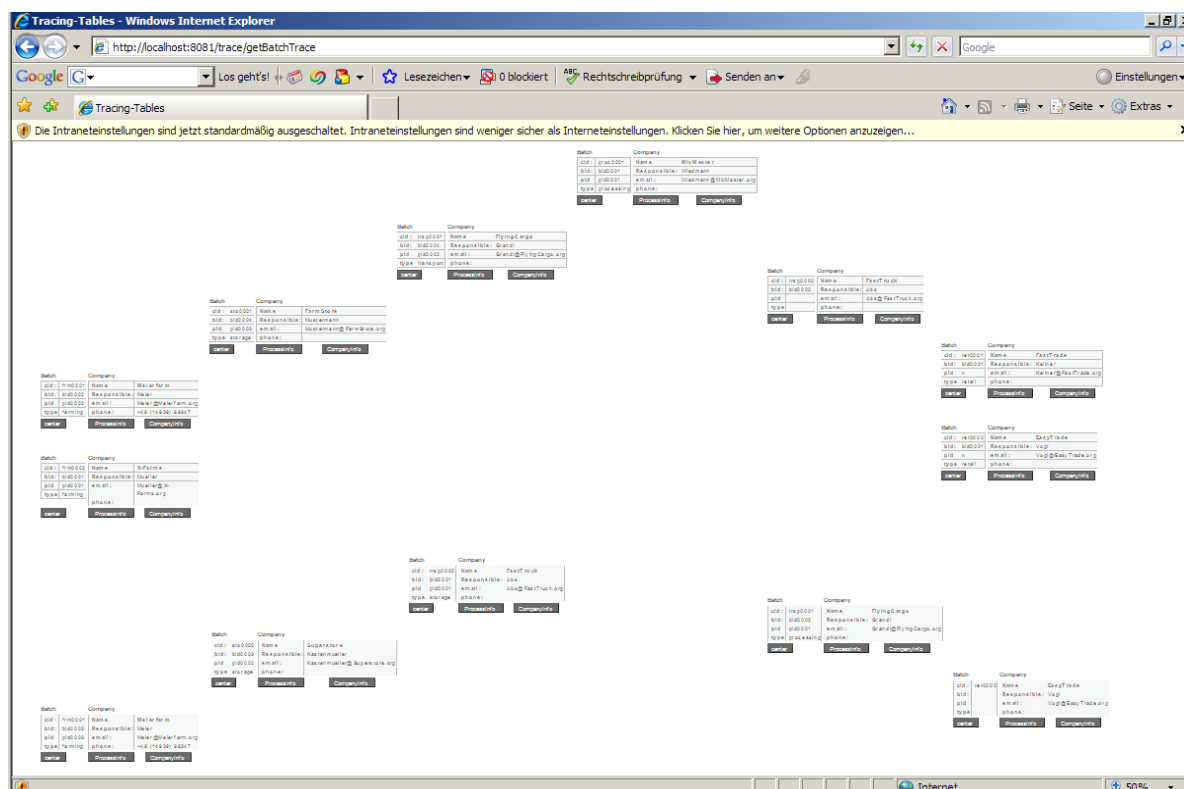


Abbildung 56: Aufbau des Pfades einer einzelnen, oben angezeigten Charge (links "Vorgänger", rechts "Nachfolger") zusammengesetzt durch hierarchische Darstellung der Information einer einzelnen Charge (wie in Abb. 55)

4.5 Datengrundlage und Tests

Für den Test des Systems und die Entwicklung der Algorithmen wurden Daten aus zwei Forschungsprojekten verwendet. Im Projekt preagro wurden auf zwei Projektbetrieben Daten mit dem System MoDaSys erfasst. Die Informationen zu den Datensätzen enthält Tabelle 7. Auf Betrieb 1 (ca. 7000 ha) waren zwölf Traktoren und drei Mähdrescher mit dem System ausgestattet, auf Betrieb 2 nur ein Traktor. Aufgrund der geringen Auflösung der Datenerfassung mit MoDaSys und der fehlenden Erfassung von Gerätedaten wurde zusätzlich ein Ausschnitt von Daten aus dem Projekt IKB verwendet (Betrieb 3). Die Daten aus den proprietären Erfassungssystemen wurden in die Strukturen von ISOBUS überführt.

Die Konsequenzen unterschiedlicher Datenerfassungsmethoden werden besonders deutlich im unterschiedlichen Speicherbedarf einer Maßnahme. Während bei den Betrieben mit der geringen Datenerfassungsrate lediglich bis zu 0,5 MB Gesamtspeicher in der Datenbank für eine Maßnahme benötigt werden, sind dies für den dritten Betrieb ca. 63 MB. Der Anteil der eigentlichen Prozessdaten am gesamten Speicherbedarf der Datenbank eines Betriebes kann in einer Größenordnung von 45 % angegeben werden.

Tabelle 7: Kennzahlen der Testdatensätze und Speicherbedarf in der Datenbank

		Betrieb 1		Betrieb 2		Betrieb 3	
		Anzahl	Speicher	Anzahl	Speicher	Anzahl	Speicher
gesamt	Gebildete Maßnahmen	4.504		117		27	
	Zeitstempel	466.734	168 MB	18.815	13 MB	438.218	319 MB
	Prozesswerte	4.640.762	408 MB	188.140	17 MB	5.696.834	481 MB
	Gesamte DB		1.324 MB		62 MB		1.703 MB
durchschnittlich	Zeitstempel pro Maßnahme	104		161		16.230	
	Prozesswerte pro Maßnahme	1.030		1.608		210.994	
	Prozesswerte pro Zeitstempel	9,9		10,0		13,0	
	gesamter Speicherbedarf pro Maßnahme		0,294 MB		0,530 MB		63,089 MB
	Speicherbedarf für einen Zeitstempel		0,36 KB		0,69 KB		0,72 KB
	Speicherbedarf für einen Zeitstempel incl. Prozesswerten		1,230 KB		1,594 KB		1,825 KB
	Speicherbedarf für einen Prozesswert		0,088 KB		0,088 KB		0,084 KB
	Anteil der Prozessdaten (Zeit, Position, Prozesswerte) am Speicherbedarf		44 %		48 %		47 %

5 DISKUSSION UND EINORDNUNG

Sowohl bei der Konzeption als auch bei der Implementierung des Prozessdatenservice konnten wichtige Erkenntnisse gewonnen werden. Diese beziehen sich zum einen auf die Umsetzung der Verarbeitung von Prozessdaten als Service, aber auch auf grundsätzliche Fragestellungen bei der Integration von Prozessdaten in den Informationskreislauf von Precision Farming. Die durchgeführten Untersuchungen ermöglichen zum anderen Aussagen zum übergeordneten Konzept für das Informationsmanagement im Precision Farming. Vor dem Hintergrund dieser Einschätzungen kann dann auch die Möglichkeit, diese Infrastruktur auf die gesamte Landwirtschaft zu übertragen, abgeschätzt werden.

5.1 Prozessdatenservice

5.1.1 Datenerfassung

Die Datenerfassung ist ein wichtiger Bestandteil von Precision Farming. Ihre Automatisierung ist der erste Schritt zu einer Automatisierung der Datenverarbeitung und gleichzeitig Voraussetzung für die Praxiseinführung von Precision Farming [Lan04].

Es kann davon ausgegangen werden, dass die langjährige Forschung in diesem Bereich wertvolle Impulse bei der Ausgestaltung von [ISO11783-10] geliefert und den Standardisierungsprozess beschleunigt hat.

5.1.1.1 ISOBUS Datenerfassung

Voraussetzung für die Nutzung eines Task Controllers, wie im Teil 10 von ISO 11783 beschrieben, ist die Verbreitung von Maschinen und Geräten, die mit ISOBUS ausgestattet sind und somit über die grundlegenden Möglichkeiten der elektronischen Kommunikation auf der Maschine verfügen. Zudem müssen auch die Teile des Standards implementiert sein, die ein Gerät befähigen, Daten zu liefern.

Zu Projektbeginn im Jahr 2005 war der Teil 10 des Standards noch in Bearbeitung und damit auch nur erste Prototypen von Task Controllern verfügbar. Die Implementation eines eigenen Prototyps stellte sich als zielführend heraus, da kein Hersteller bereit war, das Spektrum der erfassten Daten und der verfügbaren Funktionen entsprechend den Anforderungen des Projekts zu erweitern. Trotz der vorhandenen Definitionen im Entwurf des Standards standen keine Geräte zur Verfügung, die Daten für den Task Controller liefern konnten, auch wenn die Steuerung der Geräte bereits über ISOBUS erfolgte. Zu diesem Zeitpunkt konnte kein Gerätehersteller dazu bewegt werden, die für die Datenaufzeichnung notwendigen Funktionen über ISOBUS in Testgeräte für das Projekt zu integrieren.

Seit der Verabschiedung des Teil 10 [ISO11783-10] im Jahr 2009 steht aber nun ein internationaler Standard zur Datenerfassung auf landwirtschaftlichen Maschinen zu Verfügung. Dadurch sind die Mechanismen auf Seiten des Task Controllers und auch der Daten liefernden Geräte festgeschrieben. Dass die Firmen diese Möglichkeiten auch nutzen und

umsetzen, zeigt sich durch einen stark wachsenden Anteil von Maschinen und Geräten, die mit ISOBUS ausgestattet sind und Daten liefern können. Durch die Definition der erfassbaren Größen in einem „Data Dictionary“ als dynamischem Teil des ISOBUS-Standards [ISO11783-11] können auch zusätzliche Daten von Interesse zügig in den Standard integriert werden. Vor diesem Hintergrund und der dadurch gegebenen Sicherheit für die Entwicklung von Produkten wird sich ISOBUS nicht nur für die Kommunikation und Steuerung der Maschinen, sondern auch für die Datenerfassung und die auftragsbezogene Durchführung von Maßnahmen durchsetzen, nicht nur im Precision Farming. Proprietäre Datenerfassungssysteme sind nur in Spezialanwendungen zu erwarten, da die Schnittstellen in ISOBUS von der Gerätesteuerung, über die eigentliche Datenerfassung bis hin zur Übertragung der Daten in einem definierten Format die Unabhängigkeit von Herstellern gewährleisten und so die notwendige Flexibilität bei der Arbeitserledigung und Sicherheit bei der Datenverarbeitung ermöglichen.

5.1.1.2 ISOBUS Task Controller

Der Ausgestaltung des Task Controllers, als zentralem, steuerndem Element bei der Auftragsbearbeitung und Datenerfassung, kommt eine entscheidende Rolle für die Gestaltung von Prozessen und von Spielräumen für die Datenerfassung zu. Die Vorgaben aus dem Standard zu den normierten Komponenten sind dabei ein wesentliches Kriterium. Freiheiten in der Darstellung von Funktionalität ergeben sich vor allem durch die Rahmenbedingungen für die Datenübertragung und die Gestaltung einer Benutzeroberfläche. Abbildung 57 zeigt, dass die ISOXML-Datei nicht unbedingt direkt an den Task Controller übertragen werden muss, da dieses Format im Grunde nur für die Übertragung zwischen der Betriebssoftware (FMIS) und dem Task-Controller-Configuration-Programm definiert ist. Dabei steht es allerdings auch frei, für die nicht definierten Übertragungswege dieses Datenformat zu nutzen. So lässt sich auch ohne Zwischenschritte direkt eine ISOXML-Datei vom PC an den Task Controller übertragen.

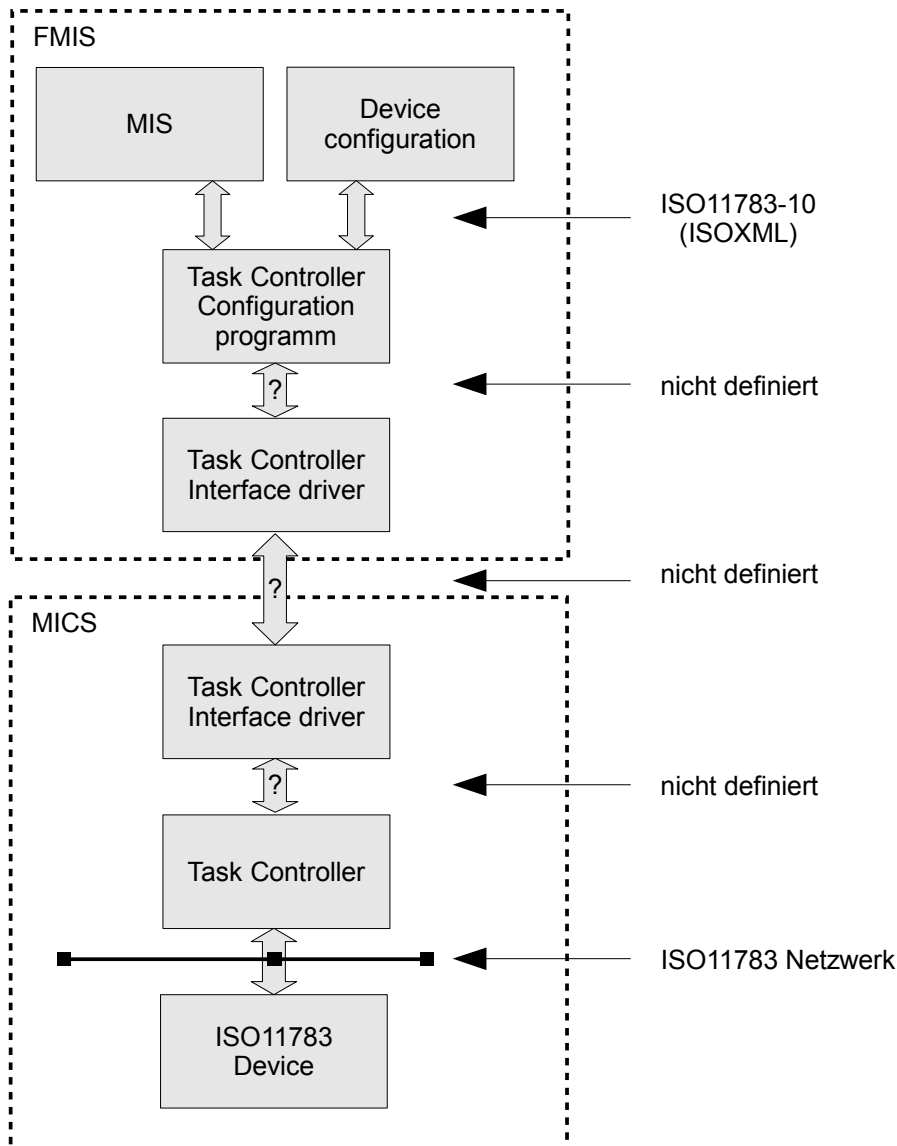


Abbildung 57: Standardisierung der Datenübertragung zwischen Task Controller und FMIS [ISO11783-10]

Hinzu kommt, dass eine Benutzeroberfläche (GUI) nicht zwingend vorgeschrieben ist. Dadurch ergeben sich die folgende Möglichkeiten:

- kein GUI,
- GUI im Virtual Terminal, Darstellung nur über ISO11783-6 möglich,
- GUI im Traktorterminal, Darstellung auch proprietär möglich,
- GUI auf eigenem Gerät.

Durch die Nutzung der dadurch gegebenen Spielräume eröffnen sich verschiedene Möglichkeiten und Strategien zur Realisierung eines Task Controllers (TC). Diese unterscheiden sich im Grunde durch die Ausgestaltung der Bedienoberfläche (TC GUI) und die Abgrenzung von FMIS und MICS, beziehungsweise der Lokalisierung der Übergabe des standardisierten Formates. In Abbildung 58 sind mögliche Alternativen dargestellt.

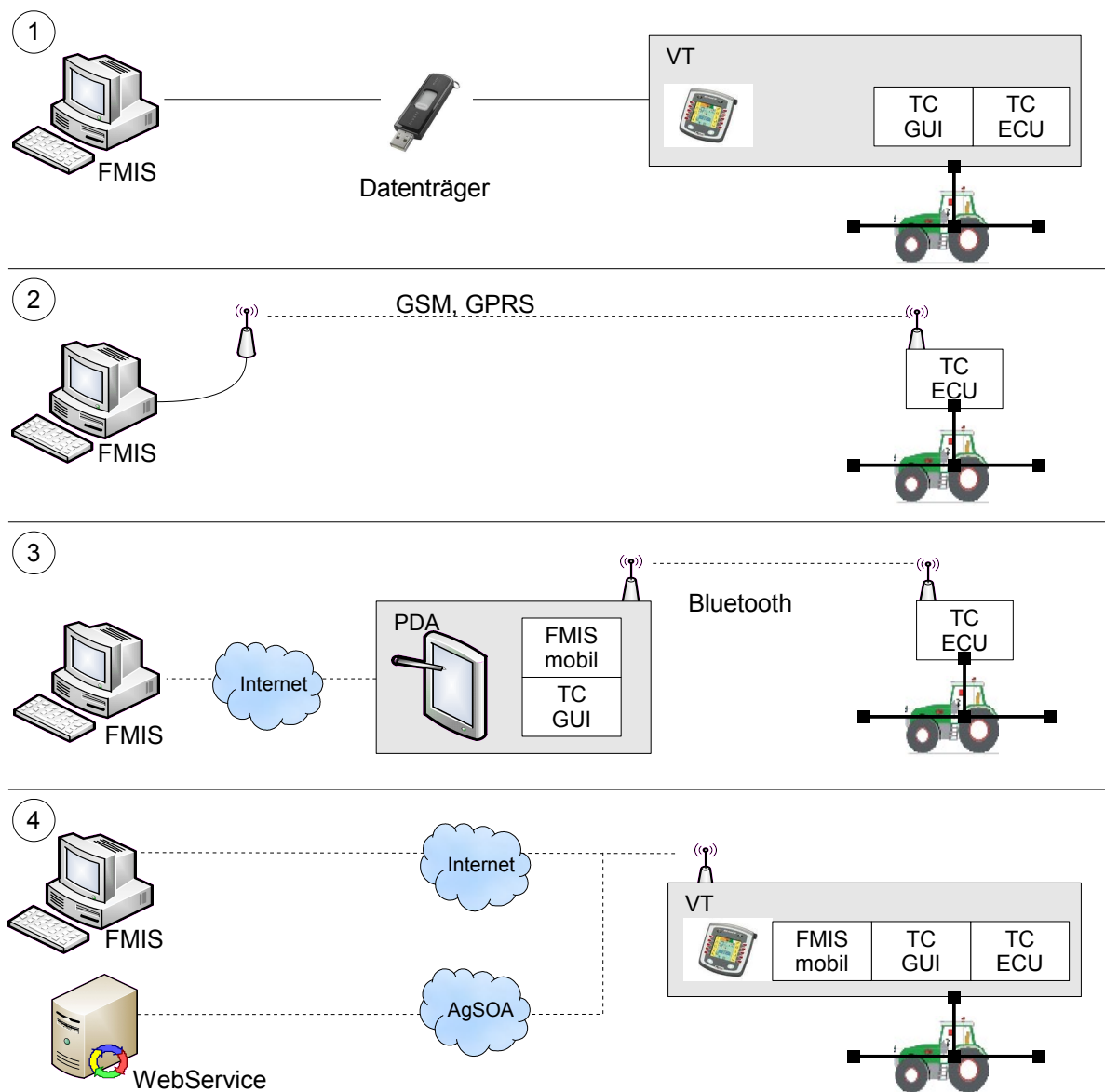


Abbildung 58: Möglichkeiten der Darstellung eines Task Controllers

Heute ist der Task Controller häufig in das Virtual Terminal (VT) integriert (Alternative 1). Dabei wird die TC-Applikation auf der Hardware (TC ECU) des Terminals ausgeführt, die auch als Verbindung zum ISOBUS genutzt wird. Auch die Darstellung der Benutzeroberfläche erfolgt auf dem VT, meist entsprechend der Definitionen zur Gestaltung von Oberflächen in ISOBUS [ISO11783-6]. Oft ist das VT mit dem Task Controller auch in das Terminal des Traktors integriert. Theoretisch kann hier die Oberfläche auch außerhalb des normierten Rahmens des ISOBUS spezifisch für das Traktorterminal definiert werden.

Ob diese heute oft genutzte Integration des TC in das VT so dominant bleibt, muss in Frage gestellt werden. So können auch sehr einfache Datenlogger für die automatische Dokumentation von maschinengebundenen Arbeiten eingesetzt werden. Diese können auf einer ECU im Verborgenen und ohne GUI arbeiten (Alternative 2), sind aber aufgrund der fehlen-

den Möglichkeit zur Kommunikation mit dem Bedienpersonal für die auftragsbezogene Ausführung von Arbeiten und vor allem für PF-Anwendungen nicht geeignet. Für die Übertragung der Daten wird eine Funkverbindung benötigt. Die Funktion ist also ähnlich den im Projekt eingesetzten Modasys-Datenerfassungsgeräten.

Gleichzeitig wird bei Task Controllern mit Benutzeroberfläche nicht zwingend vorgeschrieben, dass hier das Virtual Terminal (VT) im ISOBUS dafür zu verwenden ist. Es ist also auch ein zweiteiliger Task Controller denkbar, der aus einem mobilen Endgerät, beispielsweise in Form eines PDA oder Smartphones und dem eigentlichen TC als ISOBUS-Teilnehmer besteht, die drahtlos verbunden sind (Alternative 3).

Bezieht man nun die Möglichkeiten von mobilen Geräten mit ein, ist es auch möglich, dass Teile des FMIS oder von Logistikanwendungen auf dem PDA ausgeführt werden. Diese erlauben dann die Darstellung von Funktionalität, die der eigentlichen Funktion des TC bei der Abarbeitung von Aufträgen vorgelagert ist. Auf diese Weise ist ein eigenes Auftragsmanagementsystem mit weiteren Funktionen, wie zum Beispiel der Straßennavigation, zum Auftrag möglich. Der Auftrag selbst könnte dann erst beim Erreichen des Einsatzortes an den TC übergeben werden. Diese erweiterten Funktionen können aber auch direkt in das Terminal auf der Maschine integriert werden. Über mobiles Internet lassen sich Daten und Funktionen integrieren. Auch eine direkte Anbindung an Services, wie einem erweiterten Prozessdatenservice, der zusätzlich das Auftragsmanagement übernimmt, ist möglich (Alternative 4). Dabei verschwimmen für den Benutzer die Grenzen zwischen der eigentlichen Task Controller Applikation und weiteren Funktionen zum Beispiel für das Flottenmanagement. Trotz der notwendigen Standardisierung der Kommunikation und des Datenformats in ISOBUS bleiben demnach ausreichend Freiheiten, um Produkte nach den Anforderungen der Kunden zu gestalten.

Während in dieser Arbeit insbesondere der Datenfluss von der Maschine zum Management untersucht wurde, werden in Zukunft bidirektionale Datenflüsse zur auftragsbezogenen Arbeitserledigung an Bedeutung gewinnen. Inwiefern innerhalb des ISOBUS Systeme zu realisieren sind, bei denen die mobilen Einheiten ständig ihren Status mit einem zentralen System abgleichen, muss noch untersucht werden. Die Möglichkeit für jeden Auftrag einen Status zu übertragen, ist zwar gegeben, wie aber mit im zeitlichen Verlauf wechselnden Angaben und Informationen zum gleichen Auftrag umzugehen ist, gilt es zu testen. Unter Ausnutzung der bereits beschriebenen Spielräume ist allerdings davon auszugehen, dass diese Herausforderungen bewältigt werden können. Reine Dokumentationssysteme könnten direkt das XML-Format ausliefern (z.B. Abb. 58 Alternative 1), während komplexe Logistikanwendungen für die Statusüberwachung etc. über proprietäre Formate und eigene Softwarebausteine kommunizieren und die ISOXML-Dateien erst nach Abschluss des Auftrags angelegt werden (z. B. Abb. 58 Alternative 3).

Die physikalische Übertragung der Daten zum FMIS ist im Standard vollständig ausgespart. Für die Anpassung von derartigen Systemen an die Gegebenheiten des Einzelbetriebes ist diese Freiheit auch zwingend notwendig.

5.1.1.3 ISOBUS Datenformat

Das Datenübertragungsformat aus dem ISOBUS-Standard, das im Umfeld der Landtechnik mittlerweile häufig als ISOXML bezeichnet wird, ist grundsätzlich geeignet für die Datenübertragung der mittels Prozessdatenerfassung gewonnenen Daten. Dies gilt auch, wenn eine hohe Datendichte wie im Precision Farming realisiert werden muss. Wenn notwendig, sind auch spezielle Mechanismen für eine speichersparende Übertragung von Daten vorgesehen, indem Referenzen auf spezielle Dateien gesetzt werden können, die die Daten dann in einem ressourceneffizienten, binären Format enthalten können.

Kritisch zu bewerten ist der hohe Anteil an Stammdaten (Coding Data), der ständig übertragen wird. Dies ist zum einen die selbe Information, die wiederholt übertragen wird. Durch Komprimierungsverfahren lässt sich dies allerdings bei XML-Dateien im Rahmen halten. Zum anderen sind aufwändige Mechanismen notwendig, die die Konsistenz dieser Daten auf den unterschiedlichen Systemen gewährleisten. Dabei gilt es Besonderheiten zu berücksichtigen, wie z. B. die Durchführung von Arbeiten durch einen Lohnunternehmer, bei dem die Stammdaten anders kodiert sind, als bei dem Landwirt, bei dem die Maßnahme durchgeführt wird. Bei der Übertragung der Daten zum Landwirt, müssen Mechanismen zur Anpassung der Daten integriert werden.

5.1.1.4 Schließen von Datenlücken

Auch wenn durch die Standardisierung der Mechanismen und des Formates für die Datenerfassung die technischen Voraussetzungen für eine lückenlose Dokumentation gegeben sind, so können trotzdem Lücken in den Daten entstehen. Dafür können folgende Gründe verantwortlich sein:

- keine Datenerfassung aktiv,
- keine Daten von der Maschine verfügbar,
- keine Sensoren für Prozessdatum verfügbar,
- fehlende oder falsche Eingaben durch den Benutzer.

Um Lücken aufgrund inaktiver Datenerfassung zu vermeiden, ist eine automatisierte Datenerfassung notwendig, wie sie bei den angestellten Untersuchungen forciert wurde. Bei einer auftragsbezogenen Datenerfassung ist darauf zu achten, dass auch beim Betrieb von Maschinen außerhalb oder zwischen Aufträgen Daten aufgezeichnet werden. In ISOBUS ist ein „Default-Task“ vorgesehen, in den diese Daten geschrieben werden können. Gleichzeitig, wäre es möglich, beim Beenden eines Tasks automatisch einen neuen, leeren Auftrag zu starten. Die zu erfassenden Größen müssen im Task Controller definiert werden. Ist

dies nicht der Fall steht auch eine Methode zur Verfügung, durch die von den einzelnen Geräten Standardwerte abgerufen werden können.

Neben dem Schließen von Lücken im zeitlichen Verlauf besteht die Herausforderung, alle notwendigen Daten zu erfassen. Gerade für die Grundfunktionen der Datenauswertung und der Dokumentation ist es notwendig, alle an der Ausführung von Arbeiten beteiligten Maschinen zu erfassen. Dies setzt den Einsatz von Maschinen mit ISOBUS voraus. Dabei ist es zusätzlich erforderlich, dass die Geräte auch mit den Funktionen zum Liefern von Daten ausgestattet sind. Um dies realisieren zu können, müssen Sensoren verfügbar sein, die in der Lage sind, die gewünschten Größen zu erfassen und entsprechend aufbereitet bereitzustellen.

Problematisch gestaltet sich die Erfassung allerdings bei Maschinen, die über keine eigenen Elektronik verfügen. Eine Lösung dazu ist der Implement Indicator (IMI) [Aue02b], [AOR98]. Dieser kann auf solchen Geräten installiert werden und als eine Art Jobrechner neben der Identifizierung der Maschine auch Grundinformationen über ein Gerät wie die Arbeitsbreite liefern. Auch das Abspeichern von Information zum Beispiel in Form eines Flächenzählers ist denkbar.

Eine andere Möglichkeit, Geräte zu identifizieren, besteht durch den Einsatz von RFID [Hac07]. Mit aktiven Tags lassen sich kritische Strecken überbrücken und Informationen zum Gerät übertragen. Allerdings muss ein Softwaremodul nach bestimmten Kriterien, wie der Dauer der Registrierung, bewerten, wann ein Gerät als gekoppelt gilt, da auch nicht gekoppelte Geräte bei einer Vorbeifahrt registriert werden. Ein solches Verfahren kann ohne Verletzung des Standards durch einen Task Controller erreicht werden, der die Integration der RFID-Umgebung übernimmt.

Neben der Identifikation von Maschinen ließe sich RFID auch zur Registrierung von Produkten oder Arbeitskräften nutzen. Statt einem an den Task Controller angebotenen RFID-System könnte über ein selbständig in den ISOBUS eingebundenes System diese Technologie auch von allen anderen Teilnehmern des ISOBUS genutzt werden. Dazu wäre allerdings eine Ergänzung des Standards notwendig. Mitarbeiter können sich über einen RFID-Chip für einen Auftrag an- und abmelden. Wenn Betriebsmittel mit RFID-Tags versehen sind, können beispielsweise Pflanzenschutzmittel direkt beim Befüllen des Pflanzenschutzgerätes berührungslos und ohne zusätzlichen Eingriff des Personals registriert werden. Eine weitere Möglichkeit bietet die heutige Verfügbarkeit von Digitalkameras in fast allen Mobiltelefonen, die graphische Codes verschiedener Standards wie Barcode oder DataMatrix lesen können (Abb. 59). Auf diese Weise ließen sich ebenfalls zusätzliche Informationen einbinden.

Sind alle technischen Möglichkeiten zum Schließen der Lücken ausgeschöpft, können weitere Eingaben durch den Benutzer erfolgen. Um Lücken, die von Bedienfehlern her stammen, zu schließen, können Sensoren entwickelt werden, die in der Lage sind, Zustände zu

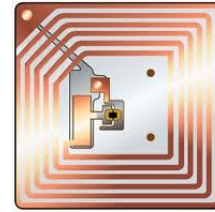


Abbildung 59: Barcode, DataMatrix, RFID-Tag

erfassen, die bisher nur durch die Sinne des Menschen im erforderlichen Maß registriert werden können. Wo dies nicht möglich ist, kann durch kontextsensitive Benutzerführung eine aktive Erinnerung des Benutzers an notwendige Eingaben stattfinden. Mechanismen für die Integration manueller Eingaben in Systeme für die Automatische Prozessdatenerfassung wurden bereits vorgestellt [Ste05].

Sind alle notwendigen Daten verfügbar, so können durch fehlende Elemente im Datenformat zusätzlich Datenlücken entstehen. Da die Definitionen in ISOBUS für die Dokumentation maschinengebundener Arbeiten ausgelegt sind, sind anderweitige Aufträge in diesem Dokumentationssystem nur schwer zu fassen. Es wäre deshalb notwendig, ein gesamtbetriebliches Dokumentationssystem zu entwickeln, das sowohl Managementaufgaben, Innenwirtschaft und Außenwirtschaft integriert (siehe 5.2.7).

5.1.1.5 Erfassungsmethoden

Die Verwertbarkeit der Daten wird unter anderem durch die Erfassungsmethode bestimmt. Im Test wurde bei der Datenerfassung mit verschiedenen Frequenzen gearbeitet. Das System MoDaSys speicherte bei Geschwindigkeiten bis 15 km/h alle 30 Sekunden und darüber jede Minute alle Prozesswerte ab. Die Bildung von Maßnahmen mit den gewählten Algorithmen konnte insoweit realisiert werden, dass für eine Maßnahme die beteiligten Maschinen, der Schlag und Start- und Endzeiten ermittelt werden konnten. Die Bildung von Durchschnittswerten ist mathematisch möglich, deren Aussagefähigkeit allerdings stark begrenzt. Eine tiefer gehende Aggregation als die der Maßnahmenbildung etwa in Form der Erkennung von Arbeitsphasen ist nicht möglich. Diese Art der Datenerfassung ist für die Dokumentation in Form eines Feldtagebuches ausreichend. Für die weitere Nutzung der Daten zur genaueren Ablaufanalyse, zur Erstellung von Karten oder als Datengrundlage für Precision Farming ist diese Form der Datenerfassung jedoch nicht geeignet. Abbildung 60 zeigt ein Beispiel einer Datenerfassung mit vier Datensätzen pro Minute und der daraus folgenden, zufälligen Bildung von Mustern, die eine Verarbeitung mit geostatistischen Methoden erschweren, unmöglich machen oder zu falschen Aussagen führen können.

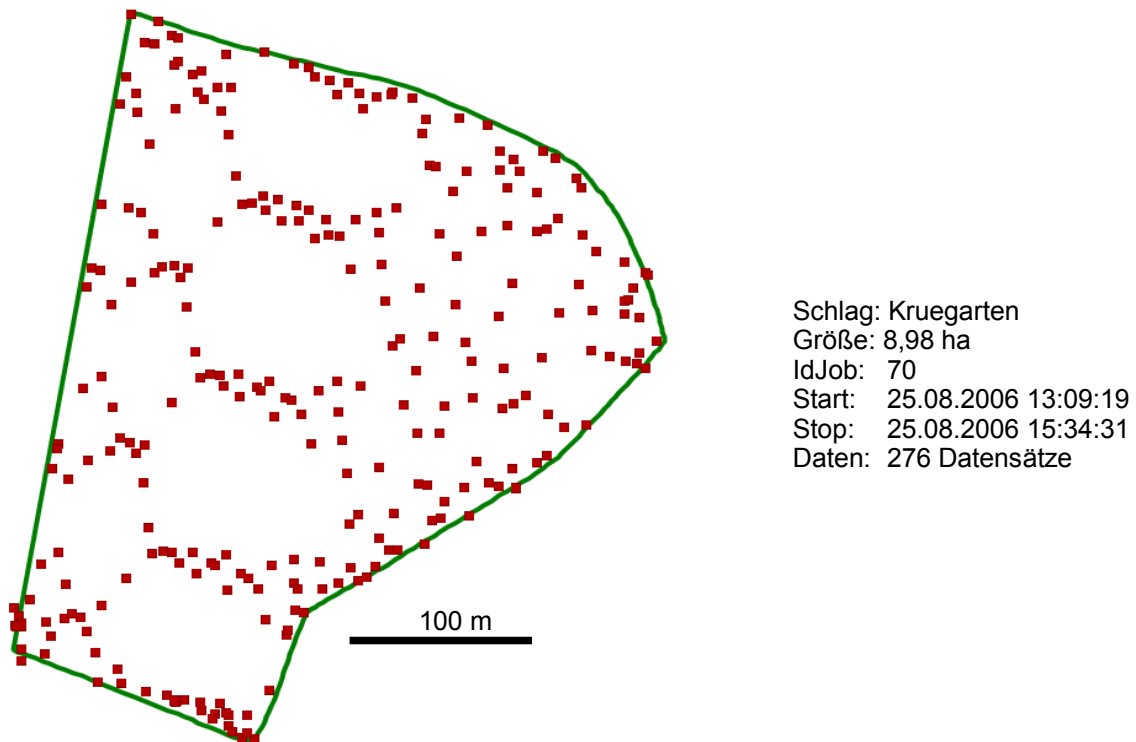


Abbildung 60: Datenerfassung bei 1/30 Hz und zufällige Bildung von "Mustern"

Die Datenerfassung mit dem eigens entwickelten Prototyp eines ISOBUS Task Controllers erfolgte mit 1 Hz. Diese Frequenz ist geeignet, um randscharf Arbeitsphasen zu unterteilen und eine Datenbasis zu erzeugen, mit der nach den Anforderungen des Precision Farming gearbeitet werden kann.

In ISOBUS werden folgende Datenerfassungsmethoden möglich:

- Zeit: Festlegung einer Frequenz, z. B. 1 Datensatz pro Sekunde,
- Strecke: Datensätze in äquidistanten Abständen, z. B. 1 Datensatz alle 5 Meter,
- Grenzwert: Erfassung nur, wenn Wert über oder unter einem Grenzwert,
- bei Änderung: Erfassung nur bei Änderung um einen Grenzwert,
- Summen: ein Wert pro Task.

Bei der Wahl der Methode für die Datenerfassung muss die nachfolgend beabsichtigte Auswertung berücksichtigt werden. Dabei spielt es eine Rolle, ob nur statistische Größen errechnet werden oder aber geostatistische Methoden zum Einsatz kommen sollen. So kann zum Beispiel die Güte der Abbildung der Realität bei einer Ertragskarte als Funktion der Qualität der Messdaten und der verwendeten Methoden sowie ihrer Parametrierung gesehen werden [Noa06]. So hat auch die Verteilung der Daten einen Einfluss auf die Wahl der Methode. Beispielsweise wird die Methode „Inverse Distance to A Power“ vor allem für Datensätze mit gleichmäßiger Verteilung als geeignet angesehen.

Aufgrund dieser Zusammenhänge sind nicht alle Datenerfassungsmethoden als Datengrundlage für Precision Farming geeignet. Bei der Erfassung gestützt auf Grenzwerte oder Wertänderungen können für ganze Teilbereiche von Fahrspuren keine Daten vorliegen. Diese Daten müssten dann durch aufwändige Verfahren im Postprocessing „hergestellt“ werden. Dabei wird eine Genauigkeit vorgetäuscht, die nicht vorhanden ist. Da die Methode der Erfassung von Summen vollständig ungeeignet ist, bleiben nur die zeit- oder streckenbasierte Erfassung. Diese Methoden müssen von den entsprechenden Geräten zur Verfügung gestellt werden.

Ausgehend von der Datenerfassung können also folgende Faktoren als bestimmend für die spätere Qualität und Aussagekraft der Auswertungen gesehen werden:

- Anzahl der Datensätze,
- zeitliche und räumliche Verteilung der Datensätze,
- Genauigkeit der Position,
- Genauigkeit der erfassten Größe.

Die Genauigkeit der Position entsteht durch das eingesetzte Positionierungssystem und die Qualität der Algorithmen zur Verrechnung der Differenzen zwischen der Position der Antenne und dem tatsächlichen Referenzpunkt in der Realität wieder. Dieser wird beeinflusst durch die Fahrzeuggeometrie und gegebenenfalls durch einen zeitlichen Versatz bei der Erfassung der Größe. Als komplexe Beispiele können hier Arbeitssysteme angeführt werden, die während der Fahrt ihre Geometrie verändern (z. B. angehängtes Pflanzenschutzgerät bei Kurvenfahrt, Scheibenstreuer beim Ausstreuen von Keilen) oder bei denen z. B. ein Gutfluss zeitliche Verzögerungen erzeugt (z. B. Ertragserfassung im Mähdrescher). Die Genauigkeit der erfassten Prozessgröße resultiert aus dem verwendeten Sensorsystem und der eventuell notwendigen softwareseitigen Verarbeitung. Anzahl und Verteilung der Datensätze sind von der Datenerfassungsmethode abhängig. Dabei steigt mit zunehmender Erfassungsfrequenz die Anzahl der Stichproben und damit der mögliche Detailgrad der Auswertungen, unabhängig von der Erfassungsmethode. In Abbildung 61 sind die Verteilungen von erfassten Datenpunkten als Ergebnis unterschiedlicher Konfigurationen der Datenerfassung dargestellt.

Bei einer zeitlich gesteuerten Datenerfassung (Ziffer 1) ist die Verteilung der Datensätze nicht nur von der Arbeitsbreite und der eingestellten Frequenz abhängig, sondern auch von der Geschwindigkeit der Maschine. Bei Verzögerungen z. B. an Hindernissen kommt es zu Ansammlungen von Punkten. Hier kann die endgültige Datendichte vor Ende der Arbeit nur schwer geschätzt werden. Allerdings ist bei ausreichend hoher Frequenz die Erkennung von Arbeitsphasen möglich.

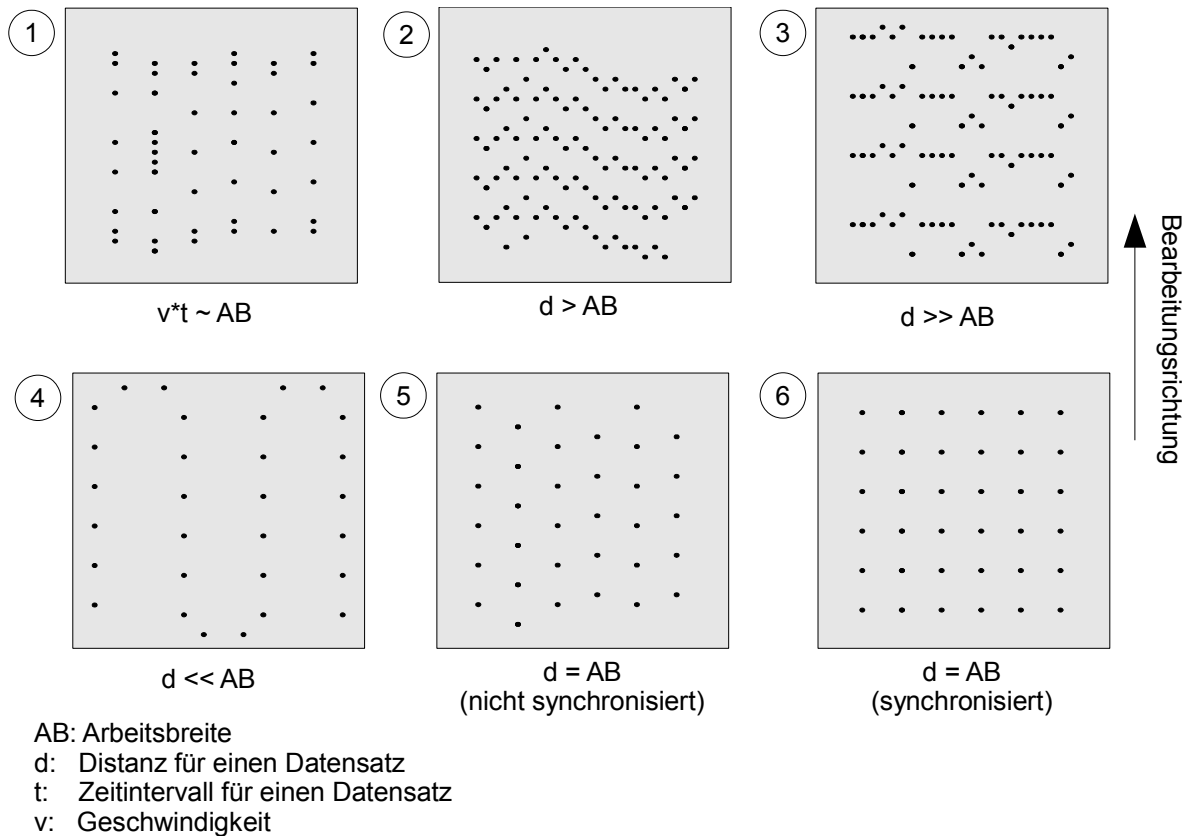


Abbildung 61: Unterschiedliche Verteilung der Daten bei verschiedenen Erfassungsstrategien

Bei einer äquidistanten Datenerfassung werden zumindest in der Fahrspur Datensätze mit gleichen Abständen produziert (Ziffern 2-6). Beeinflusst wird die Datendichte also nur vom Erfassungsintervall und vom Abstand der Fahrspuren zueinander, die in der Regel durch die Arbeitsbreite bestimmt sind. Allerdings entstehen bei ungünstiger Wahl der Parameter erneut Probleme, die von der Grundproblematik auch auf die zeitkonstante Erfassung übertragen werden können. Ist die Erfassungsdistanz (d) größer als die Arbeitsbreite (AB), können je nach Versatz von Spur zu Spur Muster entstehen (Ziffer 2). Je größer der Unterschied wird, desto stärker kann das Phänomen ausgeprägt sein (Ziffer 3 und Abb. 60). Im Umkehrschluss erzeugt eine Erfassungsdistanz, die wesentlich geringer als die Arbeitsbreite ist, Muster in Form von Fahrspuren (Ziffer 4). Zusätzlich können zeitliche Lücken in der Erfassung entstehen. Wird zum Beispiel beim Anhalten der Maschine die definierte Distanz nicht erreicht, so werden auch keine Daten aufgezeichnet. Ein späteres Nachvollziehen des Arbeitsverlaufs oder die Identifikation von Arbeitsphasen oder Standzeiten ist erheblich eingeschränkt.

Für eine gleichmäßige Verteilung der Punkte (Ziffer 6) ist eine Erfassungsdistanz gleich der Arbeitsbreite erforderlich. Zudem wäre es nötig die Punkte von Spur zu Spur zu synchronisieren, was durch die in ISOBUS verfügbaren Methoden schwer darstellbar ist. Allerdings

kann eine Verteilung ohne diese Synchronisierung (Ziffer 5) auch als ausreichend angesehen werden.

Die Verteilung der Daten kann demzufolge durch die Festlegung der Erfassungsdistanz und der Arbeitsbreite festgelegt werden. Die Arbeitsbreite eines Gerätes stellt im Grunde eine durch die Bauart fixierte Größe dar. Allerdings können in ISOBUS Geräte in Untereinheiten gegliedert werden (*DeviceElements*). Durch eine Datenerfassung auf Basis der *DeviceElements* können so die Daten einer Fahrspur auf mehrere parallele Spuren aufgeteilt werden. Dies ist zum Beispiel für die Sektionen eines Pflanzenschutzgerätes möglich, kann aber auch bis zur Aufzeichnung der Daten einer einzelnen Düse herunter gebrochen werden.

Um zu klären, welche Konsequenzen unterschiedliche Konfigurationen haben und welche Auswertungsstrategien demnach gewählt werden sollten, wären allerdings weitreichende Untersuchungen mit unterschiedlichen Datenerfassungsstrategien und Auswertungsmethoden notwendig.

Zusammenfassend können für die Datenerfassung als Datengrundlage für den teilflächen-spezifischen Pflanzenbau vorläufig folgende Empfehlungen gegeben werden:

- Vorgabe der notwendigen Datendichte durch Ziele und Methoden der Auswertung,
- äquidistante Datenerfassungsmethode,
- maximal sinnvolle Auflösung abhängig von der Genauigkeit des Positionierungssystems,
- Nutzung der in ISOBUS vorhandenen Möglichkeiten der Erfassung von Daten einzelner Sektionen und Baugruppen zur Aufteilung großer Arbeitsbreiten,
- Anpassung der Erfassungsdistanz an die Arbeitsbreite der Baugruppen.

Da es möglich ist, die Erfassungsmethoden zu kombinieren, kann zusätzlich eine zeitkonstante Erfassung definiert werden, die als Rückfallebene aktiv wird, wenn die Maschine steht. Dies sichert die Auswertbarkeit im Bezug auf den Arbeitsablauf.

Zwar ist eine hohe Datendichte wünschenswert, diese kann aus den angesprochenen Gründen aber oft nicht in der gewünschten Ausprägung realisiert werden. Die dann notwendige niedrige Frequenz wirft allerdings die Frage auf, wie die gespeicherten Werte zustande kommen. Handelt es sich um Momentaufnahmen oder um aggregierte Werte seitens der Maschine? Diese Fragestellung müsste in weiterführenden Arbeiten geklärt werden und wäre ein ähnliches Problem im Bezug auf die Berücksichtigung der Richtung einer Spur, wie es beispielsweise von NOAK (2006) durch fahrspurbasierte Algorithmen betrachtet wurde [Noa06].

5.1.2 Datenbank und Datenhaltung

5.1.2.1 Aufbau

Sowohl die Durchführung der Auswertungen als auch der Zugriff durch verwertende Systeme sind abhängig von Design und Funktion der Datenbank. Die Aufteilung der Datenbank in unterschiedliche Funktionsbereiche war für die Implementation der Analysealgorithmen hilfreich. Diese wurden auf Basis von Kontrollstrukturen direkt mit der prozeduralen Sprache des Datenbanksystems umgesetzt. Ob die vermuteten Vorzüge im Bereich der Performance realisiert werden konnten, kann aufgrund eines fehlenden vergleichbaren Systems auf Basis eigener Auswertungsmechanismen nicht geklärt werden.

Durch den funktionellen Aufbau der Datenbank, wie in Abbildung 31 gezeigt, ergibt sich ein konzeptionelles Modell für die Datenbank, das dem Design eines Data Warehouse gleicht (Abb. 62).

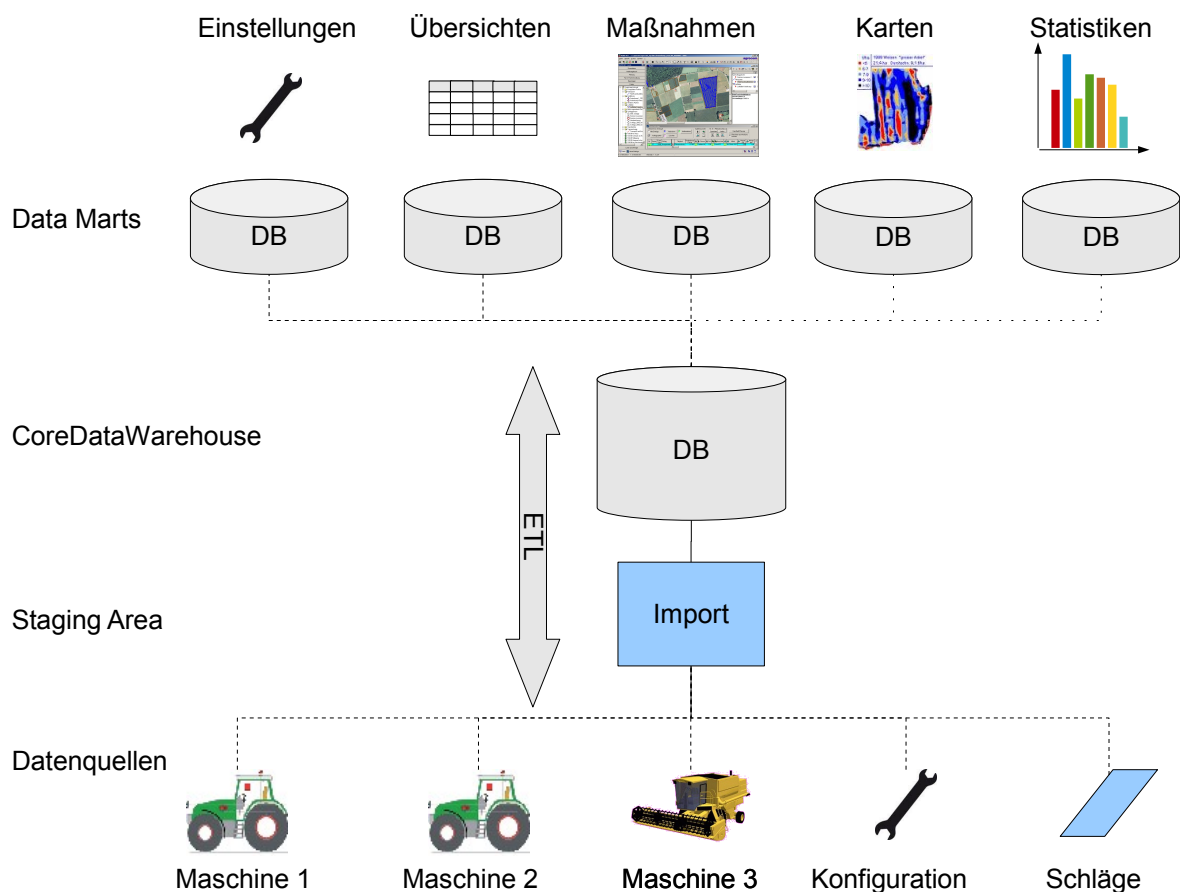


Abbildung 62: Aufbau der Datenbank des Prozessdatenservice in Anlehnung an das Data Warehouse-Design aus [Krc05]

Daten aus unterschiedlichen operativen Systemen (Maschinen) werden mit weiteren Daten zusammengeführt und durch die Auswertung eine integrative Sicht auf diese Daten er-

reicht. Die Zusammenstellung der Daten für spezifische Interessensbereiche in Data Marts wurde für die Bereitstellung von Maßnahmen in Form von Buchungsvorschlägen für das FMIS realisiert. Die Analyse und Extraktion für weitere Anwendungsfälle, wie zum Beispiel zum Erzeugen von Applikationskarten oder Einsatzstatistiken, wären durch den gewählten Aufbau möglich und könnten weiter ausgebaut werden. Diese extrahierten Zusammenstellungen haben sich auch bei den Versuchen mit Webserviceschnittstellen als hilfreich erwiesen, da die Konfiguration dieser Software zur Auslieferung der Daten vereinfacht wird. Ob diese themenspezifischen Zusammenstellungen in Form der Data Marts in der Datenbank des Core Data Warehouse oder einer eigenen aufgebaut werden sollen, müssten weitere Untersuchungen zeigen. Dabei könnte auch die Frage geklärt werden, ob die Rohdaten in diese Zusammenstellungen kopiert werden sollten oder ob eine Referenzierung ausreichend ist. Am Beispiel der Daten für eine Applikationskarte hieße dies, dass nur die relevanten Daten, die durch die Auswertung identifiziert wurden, mit entsprechenden Metadaten in einen Data Mart kopiert werden. Bei einer Referenzierung würden die Rohdaten, die zu diesem Datensatz gehören, über Fremdschlüssel im Ursprungssystem gekennzeichnet. Beim Kopieren der Daten müssen Mechanismen ergänzt werden, die die Integrität der Daten sicherstellen.

Die Integrität der Daten ist aber auch eine grundsätzliche Herausforderung des Systemdesigns, bei dem die Daten je nach Anwendungsfall in unterschiedlichen Systemen gespeichert werden. So sind im Prozessdatenservice Stammdaten vorhanden, die auch im FMIS gespeichert sind. Beide Systeme benötigen Angaben zu Schlägen, Maschinen oder Produkten. Die Aktualität dieser Daten auf beiden Systemen stellt eine Herausforderung dar, die im implementierten Testsystem durch eine ständige Übernahme der Stammdaten aus den ISOXML-Dateien realisiert wird. So kann aber nicht erkannt werden, wenn zum Beispiel derselbe Schlag auf dem FMIS mit einer neuen ID gespeichert wurde. Die Verteilung der Datenbestände über die Grenzen einzelner Unternehmen hinaus und die dadurch mögliche mehrfache Speicherung der Daten bedarf also besonderer Aufmerksamkeit.

Dies spiegelt sich auch in der Umsetzung des Prozessdatenservice für die drei Testbetriebe wider. Für jeden Betrieb wurde eine eigene Datenbank angelegt. Die einzelnen Datenbanken sind von der Struktur der Tabellen und Funktionen her gleich und werden auch auf dem gleichen Datenbankserver ausgeführt. Dies ist ein eher unüblicher Ansatz, da normalerweise wegen der notwendigen Mehrbetriebsfähigkeit eines Systems eine Entität "Betrieb" eingeführt wird. Jeder Datensatz muss dann über Referenzen diesem Betrieb zugeordnet werden. Dies erleichtert überbetriebliche Auswertungen, da alle Operationen auf einer Datenbank ausgeführt werden. Für die Abfrage von einzelbetrieblichen Daten müssen aber Nachteile in der Performance in Kauf genommen werden. Deswegen wird hier die Lösung mit einer eigenen Datenbank je Betrieb forciert, wie dies in der Regel auch in der Industrie der Fall ist. Überbetriebliche Auswertungen müssen damit von einem externen Programm, das die dafür notwendigen Zugriffe steuert, ausgeführt werden. Allerdings können

auch bereits fertige Auswertungen der einzelnen Betriebe für Vergleiche abgerufen werden. Der Abruf von Daten eines Betriebes ist allerdings die Performance betreffend günstiger, da die Daten nicht über eine zusätzliche Operation *JOIN* zusammengeführt werden müssen. Dies hat Vorteile, gerade auch mit Blick auf die Menge der gespeicherten Daten.

5.1.2.2 Speicherbedarf

Der Speicherbedarf spielt auch eine Rolle für die Entwicklung von Strategien für die Datenhaltung. Die Unterschiede der verschiedenen Erfassungsstrategien wurden bereits als Ergebnisse in Tabelle 7 aufgezeigt. Auf Basis des Betriebes drei, bei dem die Datenerfassung am ehesten zukünftigen Anforderungen genügt, ist in Abbildung 63 der Speicherbedarf pro ha bei unterschiedlichen Konfigurationen der Datenerfassung errechnet. Dabei wird davon ausgegangen, dass 45 % des Speicherbedarfes auf die eigentlichen Prozessdaten entfallen. Der restliche Speicherbedarf wird vor allem durch Stammdaten, Zuordnungstabellen und Indizes benötigt. Die Auswirkungen auf das Datenmanagement eines Betriebes werden erst durch eine Hochrechnung auf Betriebsebene greifbar (Abb. 64).

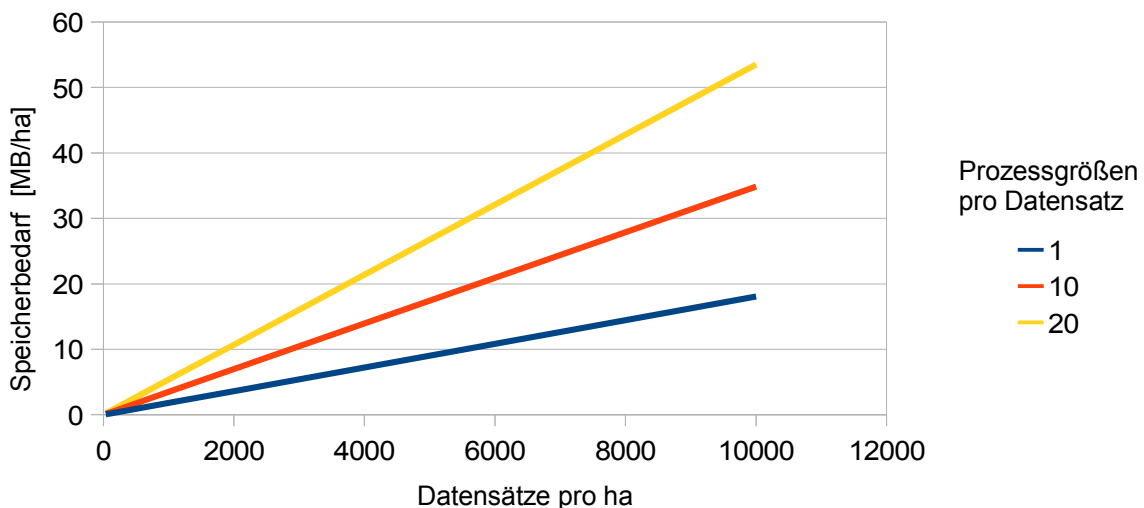


Abbildung 63: Speicherbedarf von analysierten Prozessdaten in Abhängigkeit von der Anzahl der Datensätze pro ha und der Anzahl der Prozessgrößen pro Datensatz

Dabei wird angenommen, dass durchschnittlich zehn Prozesswerte pro Datensatz erfasst werden, im Laufe einer Fruchtfolge zehn Überfahrten notwendig sind und 80 % der Daten für schlagspezifische Maßnahmen anfallen. Der restliche Anteil wird für Transporte und nicht zuzuordnende Rüst-, Reparatur- oder Standzeiten angesetzt. Für Betriebe bis 100 ha sollte es demnach möglich sein, mit Hilfe der Prozessdatenerfassung eine Datengrundlage für Precision Farming im Bereich von unter 10 Gigabyte Speicherbedarf pro Jahr zu legen. Für ein Gesamtsystem für Precision Farming wäre zusätzlich ein erhebliches Datenvolumen für weitere Anwendungsfälle außerhalb des Prozessdatenservice zu berücksichtigen. Mit zunehmender Betriebsgröße steigen auch die Anforderungen, vor allem da es sich da-

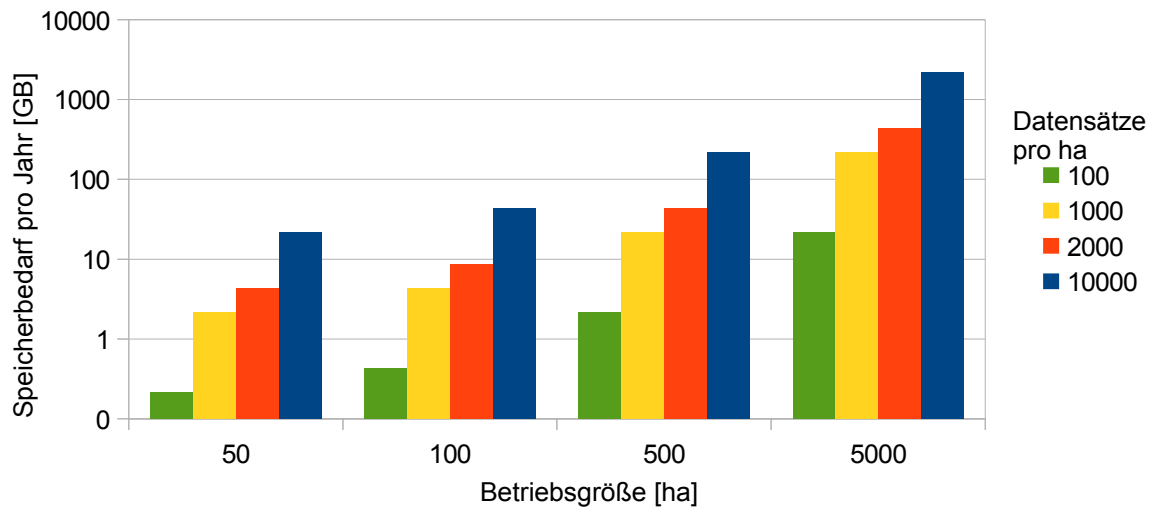


Abbildung 64: Prognostizierter, jährlicher Speicherbedarf einer Datenbank für unterschiedliche Betriebsgrößen bei unterschiedlicher Datendichte

bei um eine hohe Stückzahl einzelner Datensätze handelt, die mit wachsender Zahl zusätzliche Anforderungen an die Methoden zur Datenabfrage stellen, um kritische Zugriffszeiten zu vermeiden. In den Maßstäben eines industriellen Systems sind die Datenmengen eher gering. In den Dimensionen eines einzelnen Landwirts, der heute in der Regel eine einfache EDV-Ausrüstung und wenig Know-how im Datenmanagement besitzt, kann dies aber zu ernststen Problemen führen. Insofern kann hier der Prozessdatenservice die Aufgabe des Datenmanagements, vor allem der langfristigen Speicherung und Archivierung übernehmen.

Mit jedem Jahr der Nutzung der Prozessdatenerfassung wächst der Datenbestand linear an. Eine Möglichkeit, diesen Anstieg zu reduzieren, ist die Aggregation von Daten und das Löschen der Rohdaten nach einem bestimmten Zeitraum, zum Beispiel nach zwei oder drei Fruchtfolgen. Allerdings entscheidet dabei die Methode der Aggregation, inwiefern die Daten ab diesem Zeitpunkt verwendet werden können. GOENSE et al. (1996) unterscheiden vier verschiedene Methoden, um teilflächenspezifische Daten zu speichern [GHB96]:

- nach Fahrspuren,
- ungeordnete Punkte,
- in einem bestimmten Raster,
- Polygone.

Diese könnten genutzt werden, um Daten aus der automatischen Prozessdatenerfassung zu aggregieren. Allerdings ist die Entscheidung für eine Variante schwierig. Um z. B. eine Ertragskarte mit einem neuen Algorithmus berechnen zu können, müssen eventuell die Rohdaten vorliegen, weil dieser mit der Form der aggregierten Daten nicht bedient werden kann. Es gibt natürlich geostatistische Methoden, um die Daten in eine andere Form zu überführen, allerdings kann dies mit einem Verlust an Information verbunden sein. Besser

wäre es sicher an dieser Stelle Mechanismen zu nutzen, die die Daten mit geringerer Zugriffshäufigkeit in ein Archiv verschieben, so dass auf die Daten zwar noch zugegriffen werden kann, allerdings erhöhte Zugriffszeiten in Kauf genommen werden müssten. Im Gegenzug wären Zugriffe im System mit den aktuellen Daten schneller, da die Menge der Daten ab dem Start der Archivierung nur noch geringfügig ansteigt.

ROTHMUND et al. (2001) ziehen die Möglichkeit in Betracht, Daten grundsätzlich nach einem Schema auszuwerten und die Rohdaten nicht zu speichern [RDA01]. Auch der Einsatz von Messprogrammen auf der Maschine wäre denkbar, so dass Einzeldatensätze gar nicht mehr gespeichert werden müssten. Der hohe Aufwand für das Postprocessing, bedingt durch die enorme Datenmenge, wird nur für wissenschaftliche Zwecke als realistisch erachtet. Mit der rasanten Entwicklung der Möglichkeiten der Datenspeicherung kann aber davon ausgegangen werden, dass das Speichern der Daten an sich kein Problem darstellt.

Die Datenbank ist ein zentraler Baustein einer solchen Anwendung. Das Design und die Funktionen entscheiden über die Möglichkeiten bei der Analyse der Daten und beim Zugriff und damit über den potentiellen Nutzen für den Anwender.

5.1.3 Datenverarbeitung

5.1.3.1 Datenverarbeitung mit Methoden der Datenbank

Die technische Realisierung der Auswertelgorithmen mit den Mitteln der Datenbank hat sich als zielführend erwiesen. Zum einen können so die Funktionen von PostGIS zur Analyse von Geodaten verwendet werden. Hier besteht auch noch Potenzial zur weitergehenden Analyse durch die Nutzung bisher nicht verwendeter PostGIS-Funktionen, wie dem Bilden von Puffern oder der Abstandsmessung. Ein Großteil der Analyseschritte basiert auf der Gruppierung von Datensätzen bzw. dem Finden von Datensätzen mit bestimmten Eigenschaften. Dafür bietet die Datenbank performante Methoden. Zum anderen unterbleibt das Handling von Datenbankverbindungen und die Übertragung von Daten zwischen einem Modul zur Auswertung und der Datenbank.

Die Nutzung von „user defined functions“, wie sie hier getestet wird, sollte ausgebaut werden und deren Funktionsumfang konsequenter genutzt werden. Die Vergleiche von Datensätzen zur Erzeugung der Events werden mit Kombinationen der SQL-Funktion *Join* und *Group* realisiert. Ein Lesen der Daten mit einem *Select* mit entsprechenden Bedingungen und eine darauf aufbauende Verbindung von Datensätzen mit der Sprache PL/pgSQL würde eine weitere Verbesserung der Performance bewirken, indem immer komplette Datenbereiche gelesen, als Einheit im Arbeitsspeicher analysiert und so die Festplattenzugriffe reduziert werden. Eine auf der Datenbank basierende Auswertung bietet zudem die Möglichkeit, Trigger der Datenbank zu nutzen, um bei bestimmten Ereignissen, wie dem Hochladen neuer Daten, bestimmte Aktionen auszuführen. So können Auswertungen, die auf dieser Datenbasis erstellt werden, ständig aktuell gehalten werden. Zugleich wird dadurch

die Datenbank zu einer eigenen Anwendung, in der gleichzeitig die Funktionalität der Auswertungen gekapselt ist. Eine Anbindung unterschiedlicher Schnittstellen wird so erleichtert.

Als grundsätzlich richtig stellte sich das Speichern von Auswertungen heraus. Diese gezielte Verletzung des normalisierten Datenbankdesigns bringt Performancegewinne beim Abrufen der Daten durch den Benutzer. Rechenintensive Analysevorgänge lassen sich auf Zeiträume mit geringer Zugriffshäufigkeit legen. Zudem sind durch die Referenzierung der Auswertungen in den Rohdaten erweiterbare Zugriffskriterien für die Rohdaten vorhanden, die eine exakte und performante Auswahl der gewünschten Daten erlauben. Dieser Ansatz entspricht den Prinzipien des Data Warehouse Design.

5.1.3.2 Erkennung von Arbeitszyklen aus Prozesswerten

Der Ansatz, ablaufbasierte Methoden für die Analyse von Prozessdaten einzusetzen, zeigt sich vor allem in einer gesteigerten Robustheit der Analysen. Die Sortierung der Datensätze und die dann mögliche Nutzung der laufenden ID der Datensätze sichert die Funktion der Algorithmen unabhängig von der Erfassungsfrequenz. Der Ansatz der Definition von Vor- und Folgebedingungen zur Identifikation von Prozessen scheint weiteres Potenzial zu bergen und sollte ausgebaut werden. So führen ungünstige Positionierung, wie beim Verlassen des Feldes beim Wendemanöver oder Ungenauigkeiten des GPS weder zum Aus-sortieren der Daten noch zu verfälschten Maßnahmen. Die Identifikation von Transportprozessen in der hier verwendeten Form bietet weitere reichende Möglichkeiten als in bisherigen Systemen, in denen alle Datenpunkte, die keinem Schlag zuzuordnen sind, als Bestandteil eines Transportprozesses pro Tag gewertet werden. Hier erfolgt die Ausgabe auf der Webseite als ein Prozess. Dieser besteht aber aus mehreren, einzelnen Prozessen, die alle über die Information der Vor- und Folgebedingungen verfügen, so dass eine Zuordnung der Transportprozesse zu Maßnahmen auf Schlägen oder eine Verrechnung auf Basis von Durchschnitten erfolgen kann.

Besonders hilfreich ist die Nutzung einer Referenz zu einer Fläche über eine gesonderte ID (*IdArea*). Diese wird nicht als geographische Angabe, sondern vielmehr als Produktionseinheit gesehen, der eine Maßnahme mit ihren Prozessdaten zugeordnet wird. Dies zeigt sich vor allem in einer günstigeren Performance als beim direkten Zugriff auf Positionsdaten, ist aber auch Voraussetzung für die implementierten Algorithmen. Trotzdem ist durch das Beibehalten der Position die reine geographische Zuordnung weiterhin sichergestellt, sollte dies für weitergehende Analysen erforderlich sein.

Die hier realisierte automatische Erkennung von Maßnahmen basiert nur auf den Daten von Ort und Zeit und kann so prinzipiell auch für sehr einfache Datenerfassungslösungen (z. B. GPS-Logger) durchgeführt werden. Die so erfolgte Analyse ist für ein System automatischer Buchungsvorschläge für ein Feldtagebuch ausreichend. Durch die hinterlegten Rohdaten ist sichergestellt, dass eine grundsätzliche Eignung als Datengrundlage für Pre-

cision Farming oder andere Auswertungsziele gegeben ist. Allerdings sollte versucht werden, durch weitere Zerlegung der Maßnahmen die Daten beim Prozessdatenservice so weit aufzubereiten, dass je nach Auswertungsziel direkt die erforderliche Datenbasis abgerufen werden kann. Die Zielsetzung kann von der Dokumentation für Precision Farming über Auswertungen im Bezug auf Arbeitsqualität oder arbeitswirtschaftliche Fragestellungen bis hin zur Dokumentation für die Rückverfolgbarkeit oder Durchführung ökonomischer Auswertungen gehen. Diese Algorithmen würden letztlich die Grundlage zum Füllen der Data Marts liefern, die immer nur mit den Daten für bestimmte Fragestellungen versorgt werden.

Für die meisten Fragestellungen ist es notwendig nur bestimmte Datenbereiche zu verwenden. Bei Applikationskarten für das Precision Farming sollten nur die Datenpunkte mit der jeweils interessanten Größe als Datengrundlage verwendet werden, bei denen die Maschine wirklich gearbeitet hat, nicht aber zum Beispiel die Wendezeiten. Für arbeitswirtschaftliche Fragestellungen dagegen sind vorbereitete Auswertungen mit den unterschiedlichen Zeitanteilen interessant. Für die meisten Fragestellungen ist es also essenziell, die ausgeführten Arbeiten in unterschiedliche Zeitanteile zu gliedern und die Rohdaten entsprechend ihrer Zugehörigkeit zu kennzeichnen.

5.1.3.3 Zeitgliederung

Algorithmen zur weiteren Unterteilung der Maßnahmen auf der Basis von Prozesswerten wurden bereits parallel zur Automatischen Prozessdatenerfassung entwickelt [DRSA01] und in 3.2.4 beschrieben. Diese Form der Analyse erfolgt über Gruppierung von Daten in mehreren Ebenen mittels SQL. Die grundsätzliche Funktionsfähigkeit dieses Vorgehens wurde also bereits gezeigt [RDA03]. Für bisherige prototypische Systeme waren allerdings die verwendeten Maschinen bekannt, so dass für die Einführung in die Praxis weitere Entwicklungen notwendig sind, da:

- unbekannte Maschinen problemlos verwendet werden sollen,
- Maschinen in wechselnden Kombinationen arbeiten können,
- Zustände einer Maschine nicht immer durch die Daten einer einzelnen Maschine festgestellt werden können,
- je nach Maschinentyp die Zeitanteile über verschiedene Mechanismen identifiziert werden müssen.

Voraussetzung für die Gliederung von Arbeiten ist die Feststellung des Arbeitsstatus von Maschinen. Bei Geräten, die Material auf der Fläche ausbringen, kann der Arbeitsstatus auf einfachem Weg durch die Applikationsmenge festgestellt werden. Problematisch sind vor allem Geräte, die über keine eigene Elektronik oder eigene Sensoren verfügen. So ist beispielsweise bei einem angebauten Grubber die Arbeitsposition abhängig von der Stellung des Hubwerks des Traktors, die bei unterschiedlichen Typen auch variieren kann. Bei zapfwellengetriebenen Bodenbearbeitungsgeräten ist zusätzlich die Drehzahl der Zapfwel-

le zu berücksichtigen. Für die Auswertung von Prozessdaten von derartigen Gespannen wird eine gerätespezifische Konfiguration der Auswertungssoftware nicht zu vermeiden sein. Welche Ergebnisse mit einer Standardkonfiguration bei unterschiedlichen Maschinenkombinationen zu erreichen sind, müsste untersucht werden.

Hierzu ist auch eine Systematisierung der Algorithmen im Bezug auf die Anwendbarkeit auf unterschiedliche Gerätetypen notwendig. Dazu wurden bereits Vorarbeiten geleistet und Nutzungsprofile für Prozessdaten beschrieben, in denen ausgehend von einer bestimmten Zielgröße beschrieben ist, welche Prozessdaten für welche berechneten Größen erforderlich sind [Pet07]. Gleichzeitig wurden Filter und Filterkombinationen erarbeitet, mit denen Daten für einen bestimmten Anwendungszweck vorselektiert werden können. Dieses Vorgehen sollte aufgegriffen und zu einem Kennzahlensystem erweitert werden. Auf diese Weise würden die Beziehungen unterschiedlicher Größen zueinander besser erkennbar und so Konsequenzen von Datenerfassungsstrategien frühzeitig einzuschätzen. Vor diesem Hintergrund hat SCHUCHMANN (2007) verschiedene Ausbaustufen für Datenerfassungssysteme definiert, die eine immer feiner werdende Unterteilung ausgeführter Arbeiten erlauben [Sch07]. Diese Vorschläge beruhen auf Entscheidungsregeln für eine Zuordnung zu Teilzeiten auf Basis einer Analyse der Prozessdaten. Es wird gezeigt, dass bei einer Zunahme von dokumentierten Prozessgrößen, Qualität und Realitätsnähe der Auswertung steigen. Die Ableitung dieser Entscheidungsregeln erfolgt anhand einer Einteilung der Maschinen in verschiedene Gruppen. Für diese Gruppen stehen dann, je nach Verfügbarkeit von Daten, verschiedene Entscheidungsregeln zur Verfügung. Als wichtigste Größen werden Geschwindigkeit, Hubwerksposition, Zapfwellendrehzahl, Zugkraft, Arbeitsstatus, Beladestatus, Entladestatus, Bindestatus, Inhaltsmasse eines Behälters und Durchsatzmenge identifiziert. Dabei ist es essenziell, dass Geräte identifiziert werden können, da eine Auswertung der Hubwerksposition nur verwertbare Ergebnisse liefert, wenn das angebaute Gerät bekannt ist.

Eine zusätzliche Herausforderung für die Auswertung stellt die Datenbereitstellung im Datenformat von ISOBUS im Vergleich zu proprietären Systemen dar. Die notwendigerweise generischen Konstrukte des Standards zwingen im Einzelfall zu spezifischen Konfigurationen für die Auswertung. Zwar können auch Arbeitsstati mit ISOXML übertragen werden. So kann der Entladestatus einer Maschine mit Bunker direkt vom Jobrechner der Maschine geliefert werden; im Datenformat ist dies aber nur schwer automatisch zu identifizieren. Um die Komplexität zu beschreiben, wird dies beispielhaft an der Entleerung eines Bunkers einer selbstfahrenden Erntemaschine beschrieben. Die Maschine wird in ISO 11783-10 als *Device* mit verschiedenen, hierarchisch angeordneten *DeviceElements* beschrieben. Für jedes *DeviceElement* kann das Prozessdatum *Work State* (Data Dictionary Entity - *DDE* 114) definiert werden. Es gilt also das *DeviceElement*, das für das Entladen zuständig ist, auffindig zu machen, dann kann anhand des *Work State* das Entladen eindeutig identifiziert werden. Dieses *DeviceElement* könnte aber nur eindeutig und automatisch identifiziert

werden, wenn es ein spezifisches Merkmal definiert. Ein solches Merkmal, das das *Device-Element* mit *unloading* kennzeichnet, ist aber nicht definiert. Hier könnte nur eine zusätzliche, gemeinsame Absprache der Hersteller Klarheit schaffen, indem ein solches *Device-Element* als einem Bunker untergeordnet und vom Typ *function* mit einer Bezeichnung *unload* festgelegt wird. Eine andere Lösung wäre nur durch manuellen Eingriff denkbar, indem diese Informationen für einen Benutzer visualisiert werden, der dann die notwendigen Festlegungen trifft.

Auf Seiten der zu analysierenden Daten ist also Bedarf für weitere Untersuchungen gegeben. Für diese Auswertungen ist allerdings die Ausgestaltung der Zeitanteile zu hinterfragen, in die die Maßnahmen zerlegt werden. Aus Gründen der Vergleichbarkeit von Auswertungen ist ein standardisiertes Zeitschema wünschenswert.

Für die Zerlegung in Teilzeiten stehen verschiedene Modelle zur Verfügung. Hier sind vor allem das Zeitschema des KTBL [KTBL02] (Abb. 65) und [TGL22289] (Abb. 66) aus der ehemaligen DDR zu nennen. Die im Testsystem implementierten Algorithmen sind nach dem KTBL-Schema derzeit auf Ebene 2 anzusiedeln. Es werden Ausführungs- und Wartezeiten von Rüst- und Wegezeiten isoliert. Das System von ROTHMUND (2003) [RDA03] unterscheidet sowohl auf dieser zweiten Ebene als auch auf den Ebenen fünf und sechs Hauptzeit, Wendezeit und Standzeit. Keine der beiden Methoden entspricht jedoch einer der Zeitgliederungen exakt. Diese wurden unter dem Gesichtspunkt einer manuellen Zeitmessung entwickelt und sind für automatische Analysen, wie bei den Prozessdaten erforderlich, nur begrenzt geeignet.

1	Gesamtzeit - T08		
2	Ausführungszeit und Wartezeit		Rüstzeit und Wegezeit
3	Ausführungszeit		Wartezeit
4	Grundzeit - T02		Nicht vermeidbare Verlustzeit
5	Hauptzeit - T1	Nebenzeit - T2	
6		Wendezeit	Versorgungszeit

Abbildung 65: Zeitschema nach KTBL und entsprechende Bezeichnungen nach TGL22289

SONNEN (2006) hält die Gliederung nach TGL22289 für besser geeignet, vor allem aufgrund der stärkeren Zergliederung und der Möglichkeit zur Erweiterung, die er nutzt um ein Modell für die Simulation von Ernteketten zu erstellen [Son06]. Dabei werden für Erntemaschine, Transportfahrzeug und Verdichtungsgerät variierte Zeitschemata angewandt. Diese werden für eine Schwachstellenanalyse mit Hilfe automatisch erfasster Prozessdaten her-

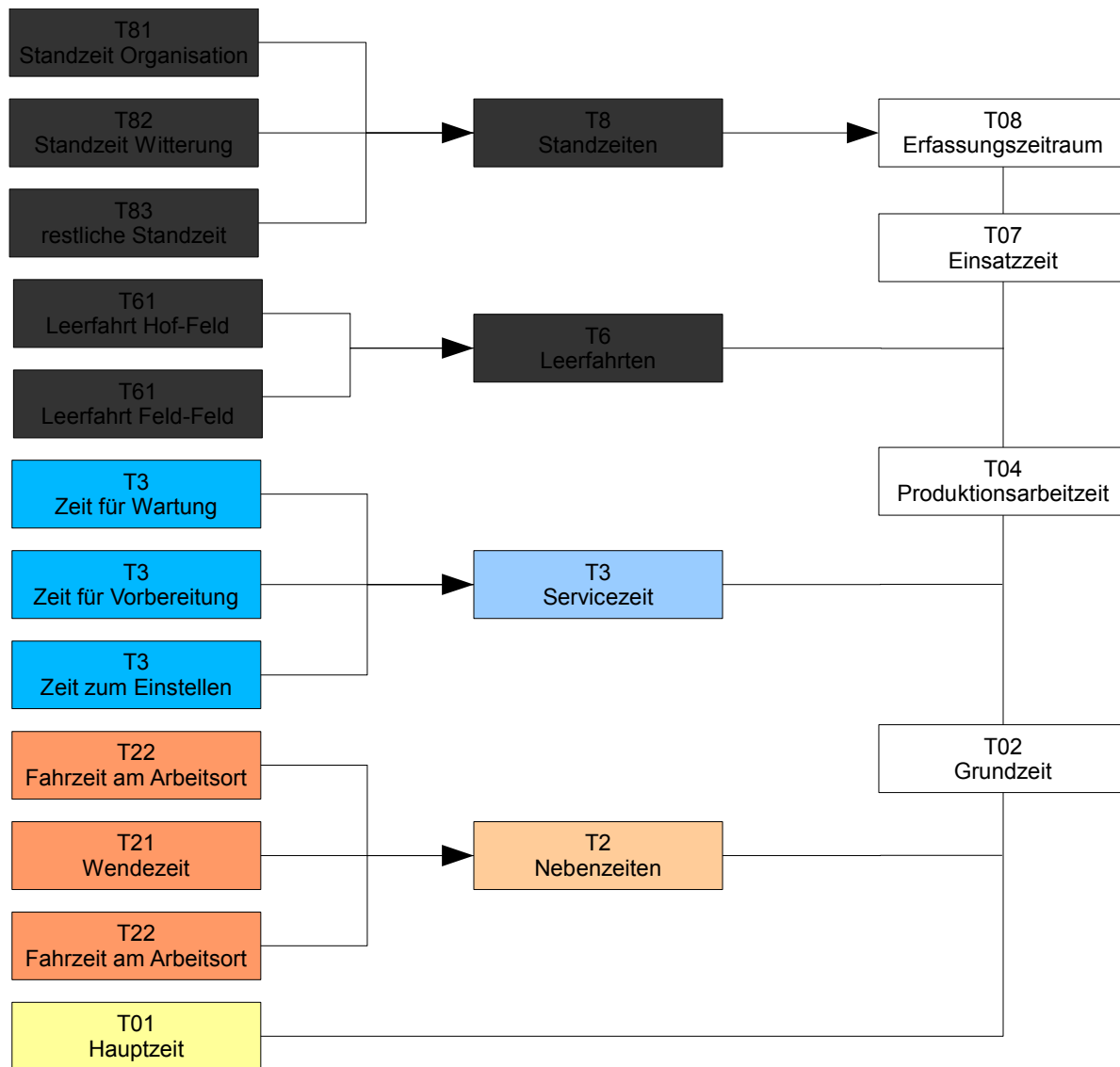


Abbildung 66: Auszug aus dem Zeitschema aus TGL22289 nach SONNEN (2006) [Son06]

angezogen. Dafür schlägt er einen zweistufigen Prozess vor. Eine erste Software erstellt aus den Rohdaten Prozessteilzeiten, die dann in einer zweiten Software mit unterschiedlichen Algorithmen und Visualisierungen für die Schwachstellenanalyse genutzt werden. Dies stellt einen Aufbau ähnlich dem in dieser Arbeit genutzten dar. Der Prozessdatenservice verarbeitet die Rohdaten zu Prozessteilzeiten. Spezielle Software kann anhand dieser Daten dann weitergehende Analysen vornehmen. In seinen Arbeiten geht SONNEN (2006) davon aus, dass die Zeitgliederung in TGL22289 für die genannten Analysen nicht ausreichend ist und schlägt eine entsprechende Erweiterung vor. Da in dieser Schlussfolgerung der Simulationsaspekt eine tragende Rolle spielt, wären weitere Untersuchungen notwendig, ob die Zeitgliederung für die Nutzung im Kontext des Prozessdatenservice ausreichend ist.

5.1.3.4 Weiterentwicklung der automatischen Datenverarbeitung

Die Verfügbarkeit von Algorithmen, die Daten automatisiert verarbeiten, ist Voraussetzung für den konzeptionellen Ansatz des Prozessdatenservice. Die Auswertungsprozeduren haben dabei nicht nur die Aufgabe Kennzahlen bereitzustellen, sondern auch Rohdaten zu aggregieren und neue Zugriffsstrukturen für das Abrufen der Daten zu erzeugen. Die entwickelte Methode zum Generieren von Arbeitsphasen durch die Erkennung von Ereignissen liefert vielversprechende Ergebnisse. Weitere Untersuchungen zur Leistungsfähigkeit dieses Vorgehens müssten das tatsächliche Potenzial aufzeigen. Neben diesem Ansatz, bei dem die Auswertung innerhalb der Datenbank stattfindet (siehe 5.1.3.1), sollten weitere Lösungsansätze auf ihre Eignung untersucht werden.

So wurden für die Entwicklung der Methoden zur Analyse von Prozessdaten die Möglichkeiten des „Spatio-temporal Data Mining“ [MH01] bisher nicht genutzt. Mit den vorhandenen Methoden ist vor allem der zeitliche Aspekt der Prozessdaten berücksichtigt. Der räumliche Kontext wird nur für die Zuordnung zu den Schlägen genutzt. Gerade die Verbindung als raumzeitlicher Kontext ist allerdings spezieller Natur und benötigt auch spezielle Hinwendungen [RHS01]. Hier könnten eventuell Möglichkeiten zu einer flexibleren Maßnahmenerkennung entwickelt werden. Ein Ansatz dazu könnten z. B. density-based clusters [EKS01] liefern. Dies wäre ein potentieller Ansatz, um bei fehlenden Schlagumrissen durch spezielle Algorithmen dennoch zu einer Bildung von Maßnahmen zu gelangen.

Ein interessanter Ansatz kann auch der Einsatz spezialisierter Sprachen wie Matlab sein (www.mathworks.com). Diese Sprache ist ausgerichtet auf die Entwicklung von Algorithmen und Anwendungen, auf Datenanalyse und -zugriff sowie das Visualisieren von Daten. Beispielsweise kann die Sprache zur algorithmischen Effizienzanalyse von Ernteprozessketten eingesetzt werden [HB11]. Mit der für den Prozessdatenservice implementierten Methode lassen sich nur diskrete Ereignisse, also Zeitpunkte definiert veränderter Rahmenbedingungen, vergleichen. Analysen in Matlab hingegen erlauben auch kontinuierliche, vorausschauende Analysen. Zudem würde dieses Vorgehen die Entwicklung von Analysebibliotheken erlauben, die in den Prozessdatenservice eingebunden werden könnten. Der Einwand, dass Arbeitsvorgänge hauptsächlich durch diskrete Ereignisse gekennzeichnet sind [Son06], ist zu berücksichtigen. Welche weiteren Ergebnisse, gerade im Bezug auf die Analyse von Arbeitsketten, durch diese Methode erreicht werden können, werden die laufenden Untersuchungen zeigen [HB11].

Auch für den Prozessdatenservice wurden Daten einer Erntekette mit abgeänderten Algorithmen analysiert. Die grundsätzliche Übertragbarkeit der Prinzipien der Erkennung von Arbeitsphasen auf die Auswertung von Arbeitsgespannen konnte bestätigt werden. Mit den aufgezeichneten Daten einer Häckselkette mit einem Häcksler und vier Transportfahrzeugen wurde ein Algorithmus implementiert, der die Daten der beteiligten Fahrzeuge gleichzeitig auswertet. Durch Definition von erweiterten Regeln können auch hier, nach demsel-

ben Prinzip wie die ablaufbasierten Methoden des Prozessdatenservice, Ereignisse generiert werden, die eine Zerlegung der Arbeiten in einzelne Phasen ermöglicht. Dadurch ist es möglich, festzustellen, auf welches Transportfahrzeug der Häcksler geladen hat und durch die Verfolgung der Spur (Vor- und Folgebedingungen) des Transportfahrzeuges bis zur Waage lassen sich so auch die Wiegedaten einem Schlag zuordnen. Für derartige Auswertungen ist es notwendig, alle potentiell betroffenen Daten zusammenzubringen, also alle Daten der Maschinen eines Betriebes oder einer Arbeitskette im selben System auszuwerten und zu verwalten.

Zusammenfassend sind für die Weiterentwicklung der Algorithmen folgende Aspekte von besonderem Interesse:

- dynamische Zusammenstellung von Arbeitsgespannen,
- Prozessketten mit mehreren Fahrzeugen,
- Erkennung unterschiedlicher Funktionsbereiche mit Hilfe geographischer Orte (z. B. Feld, Hof, Waage, Silo) und Integration in die Auswertungen,
- Konfigurationsmöglichkeiten für einzelne Algorithmen (z. B. Bestimmung des Arbeitsstatus bei Bodenbearbeitungsgeräten),
- exakte Beschreibung der berechneten Größen zur Sicherung der Qualität der aufbauenden Berechnungen, möglichst standardisiert,
- Speichern der Auswertungsmethoden und -parameter für analysierte Daten,
- Darstellung der Zusammenhänge zwischen Datenerfassung (Größen, Auflösung, Verteilung) und den realisierbaren Analysen,
- Zusammenstellung der Daten für unterschiedliche Anwendungsfälle,
- benutzerfreundliche Integration der Konfigurationsmöglichkeiten und notwendigen Benutzereingriffe.

5.1.4 Portal

Nach der Datenanalyse muss die Information dem Benutzer zugänglich gemacht werden. Die Webseite des Systems übernimmt dabei die Funktion einer Benutzeroberfläche. Über die Angabe von Kriterien können Datenbereiche ausgewählt werden, die in tabellarischer Form aufbereitet dem Benutzer angezeigt werden. Integrierte Schnittstellen zu einem Web-GIS und zu Google Earth ermöglichen auch die Visualisierung von Daten mit Ortsbezug. Durch den Download von agroXML-Dateien können Daten auch in andere Software übernommen und dort bearbeitet werden, allerdings sind manuelle Arbeitsschritte notwendig. Über das Portal ist es auch möglich, Dritten Zugriff auf die Daten zu gewähren. Auf diese Weise sind auch betriebsübergreifende Vergleiche durch einen Berater möglich.

Durch die Realisierung des Portals mit Zope als Applicationserver können Grundfunktionen für die Erstellung einer dynamischen Webseite genutzt werden. Komponenten wie Administrationsbereich, Benutzersteuerung, Versionsmanagement oder Skripte für die dynami-

sche Gestaltung von Inhalten sind bereits vorhanden. Ein derartiges System bietet ein solides Gerüst für eine zielgerichtete Entwicklung und einen sicheren Betrieb der Webseite. Durch die Implementation der Bibliotheken des Prozessdatenservice mit Python war eine einfache Anbindung an den ebenfalls in Python programmierten Applicationserver möglich. Die Nutzung von Plone als Content Management System birgt weitere Vorteile bei der Entwicklung. So mussten Layout und erforderliche Komponenten nicht von Grund auf neu erstellt werden, sondern konnten durch Konfiguration an die Erfordernisse angepasst werden. Allerdings sind hier durch die Komplexität von Plone die Einstiegshürden extrem hoch. Für derart spezialisierte Anwendungen ist der Aufwand der Anpassung ähnlich hoch einer eigenen, angepassten Implementierung einzuschätzen. Deshalb wurden zur Visualisierung der Maßnahmen Inhaltstypen von Plone nicht erweitert, sondern neu aufgebaut, um benötigte Funktionen unkompliziert bereitstellen zu können.

Der Zugriff des Portals auf die Datenbank konnte mit den Funktionsbibliotheken realisiert werden, die auch beim Import für die Datenbankanbindung verwendet werden. Dieser auf Komponenten basierende Softwareentwurf ermöglicht die Wiederverwendbarkeit von Softwarebausteinen. Allerdings wäre vor zukünftigen Entwicklungen zu prüfen, ob es sinnvoll wäre, diese webbasierte Benutzeroberfläche in Form des Portals auch über die Webservice-Schnittstellen an die Datenbestände anzubinden, die auch vom FMIS genutzt werden. Die Komponenten eines solchen Aufbaus sind in Abbildung 67 dargestellt. Dadurch ist eine strikte Trennung zwischen Datenhaltung, Zugriff, Logik und Visualisierung zu erreichen. Ist ein Webservice-Client als Modul verfügbar, so kann dieses auch verwendet werden, um externe Services anzusprechen und so zusätzliche Funktionen in das Portal zu integrieren. Für den Benutzer spielt es dabei keine Rolle, ob diese Funktionen als eigene Softwarebausteine, als interne oder externe Services genutzt werden. Mit zunehmender Integration von Funktionen würde sich das Portal weiter in Richtung eines themenspezifischen Webinterface [WVB07] entwickeln. So können auf die in Abbildung 62 angedeuteten Data Marts themenspezifische Module des Portals aufgesetzt werden und so spezialisierte Funktionalität in Form von Einsatzstatistiken oder fertigen Applikationskarten direkt im Portal bereitgestellt werden. Dieser Ausbau könnte bis hin zur Ausprägung des Portals als Online-FMIS erweitert werden.

In 5.1.3.4 wurde eine Konfigurationsmöglichkeit für die Auswertelgorithmen gefordert. Sollen beispielsweise Pufferzeiten angegeben werden, innerhalb derer ein Verlassen einer Fläche für die Bildung der Maßnahmen akzeptiert wird, müsste dies über eine gesonderte Schnittstelle erfolgen, da in agroXML nur die Übertragung von Daten im landwirtschaftlichen Kontext vorgesehen ist. Eine Erweiterung des Standards um Bestandteile zur Steuerung der Infrastruktur, wie hier zum Beispiel zur Konfiguration eines Service, kann nicht als sinnvoll erachtet werden, da diese Vorgaben je nach Funktion sehr individuell sein können. Diese Funktionen können allerdings über die Webseite bereitgestellt werden. Eine solche Funktion erfüllt auch das implementierte WebGIS, das es dem Benutzer ermöglicht, nicht

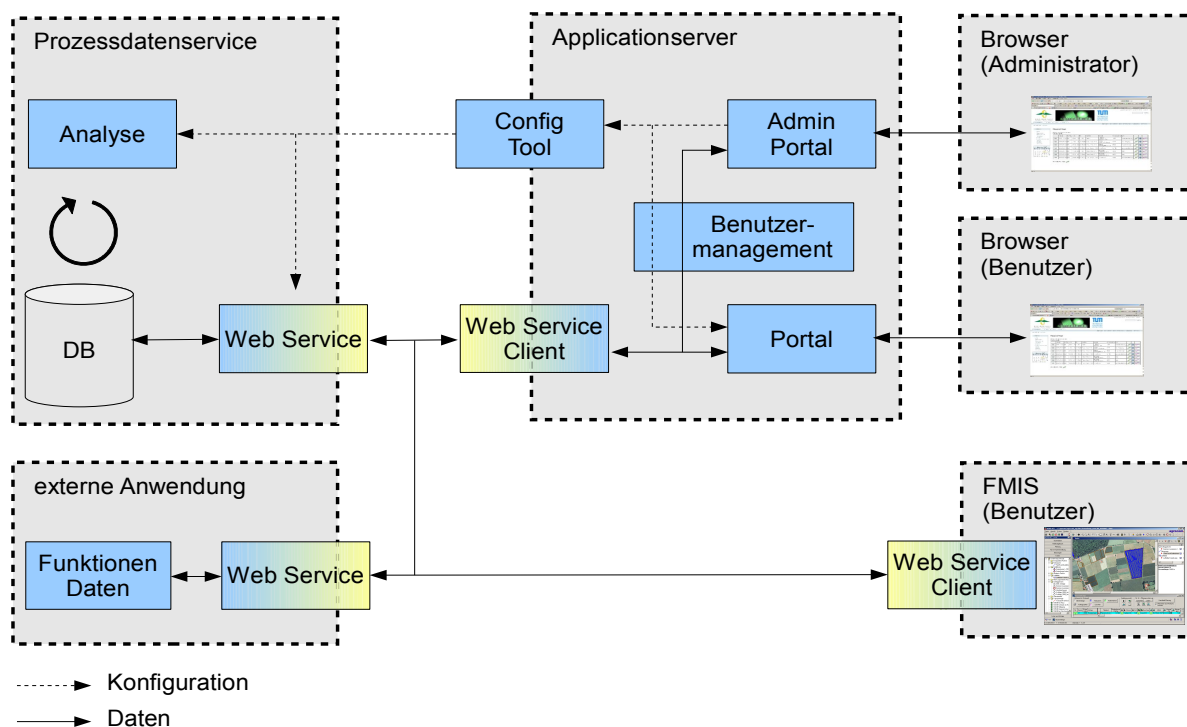


Abbildung 67: Zusammenspiel der Komponenten bei Anbindung des Portals über eine standardisierte Schnittstelle und Nutzung der Webseite für die Administration des Prozessdatenservice

vorhandene Schlagumrisse einzuzeichnen und so die Qualität der Auswertung zu verbessern. Mit der Erweiterung des Portals um einen eigenen Administrationsbereich können nicht nur Funktionen, wie das Benutzermanagement und die Rechtevergabe, sondern auch die Wartung des Datenbankservers, Überwachung der Performance und die Konfiguration der Algorithmen sowie des Webservice dargestellt werden. Über die Vergabe von Rechten kann so auch dem Benutzer die geforderte Möglichkeit zur Vorgabe spezifischer Einstellungen gegeben werden.

Die tatsächlichen Aufgaben des Portals übersteigen die zunächst angedachte Nutzung zur einfachen Visualisierung von Ergebnissen. Es zeigt sich, dass ein komplexer Webservice ohne Konfigurationsmöglichkeiten, wie sie durch diese Webseite benutzerfreundlich erreicht werden können, nur schwer auskommen wird.

5.1.5 Schnittstellen

Für die Nutzung der Daten ohne die Webseite kommen Schnittstellen im Gesamtkonzept und speziell beim Prozessdatenservice eine entscheidende Rolle zu. Die konzeptionelle Festlegung auf eine Service Orientierte Architektur gibt die Verteilung von Daten und Funktionen vor. Dazu werden Schnittstellen benötigt, um Daten und Anweisungen mit den verschiedenen Services auszutauschen. Die Schnittstellenproblematik lässt sich auf zwei Bereiche aufteilen. Dies ist zum einen das Format für den Datenaustausch mit dem dazugehörigen Datenmodell. Zum anderen sind dies die Mechanismen, wie Daten ausgetauscht

und Funktionen genutzt werden. Dabei gilt es die Aspekte der Entwicklung und des Betriebes von Services zu berücksichtigen.

Aus inhaltlicher Sicht eignet sich agroXML als spezielles Datenaustauschformat für die Landwirtschaft, auch für die Belange des Prozessdatenservice. Gerade zur Übertragung von teilflächenspezifisch durchgeführten Maßnahmen wurde mit den Untersuchungen zu dieser Arbeit ein Beitrag geleistet, um den Standard in diese Richtung zu erweitern [MSK06], [SRMSM07].

Allerdings führte der Aufbau von agroXML auf der Basis von GML zu einer Komplexität, die zu großen Teilen in der Struktur des Datenformates liegt und weniger in den inhaltlichen Zusammenhängen. Dies zeigt sich vor allem durch die Probleme bei der Konfiguration des WFS-Servers zum Ausliefern der Daten. Dies führt letztlich dazu, ein vereinfachtes Format zum Test für diesen Anwendungsfall zu verwenden.

Das Datenformat von agroXML wurde zusätzlich durch die manuelle Download-Schnittstelle getestet. Durch die eigene Implementierung war die notwendige Flexibilität gegeben, um die Daten im geforderten Format bereitzustellen und detaillierte Erfahrungen sammeln zu können. Allerdings ist ein erheblicher Aufwand für das Mapping der Daten notwendig. Dieses Mapping ist nur zu vermeiden, wenn für die Übertragung das selbe Datenmodell verwendet wird wie bei den Applikationen auf beiden Seiten. Durch die bereits vorhandenen Datenmodelle in den verschiedenen Softwareprodukten ist dies jedoch nicht realistisch. Die unterschiedlichen Zielsetzungen der einzelnen Anwendungen lassen dies auch nicht als einen zielführenden Ansatz erscheinen. Ein standardisiertes Datenmodell nur für die Übertragung ist unausweichlich. Standardisierung führt aber gleichzeitig zu einer Generalisierung eines Datenmodells und damit zu einer hohen Komplexität. Der Aufwand für das Mapping steigt mit zunehmender Anzahl von Differenzen in den Datenmodellen und dadurch auch grundsätzlich mit steigender Komplexität. Zwar können für verschiedene Schritte bei der Erstellung einer Schnittstelle Entwicklungswerkzeuge eingesetzt werden, die diesen Prozess erleichtern, die Entwicklung und Pflege des Mappings wird aber manuell erfolgen müssen. Deshalb spielen die Möglichkeiten der Umsetzung des Mappings in der Software eine entscheidende Rolle. In Abbildung 68 werden drei Möglichkeiten verglichen.

Bei der ersten Möglichkeit wird das Transformieren und Serialisieren in einer Softwarekomponente gelöst. Entwicklungswerkzeuge, speziell Code-Generatoren, sind hier schwer einzusetzen. Bei einer Änderung in einem der Datenmodelle muss der Code in den Komponenten entsprechend aufwändig angepasst werden. Die zweite Variante wurde bei der agroXML-Schnittstelle des Prozessdatenservice verwendet. Normalerweise ist es so möglich, die Klassen zur Darstellung der agroXML-Objects aus dem agroXML-Schema mit einem Code-Generator zu erzeugen, was aber in diesem Fall die Komplexität von agroXML nicht zuließ. Für das Serialisieren können Standardkomponenten eingesetzt werden. Der manuelle Vorgang des Mappings kann also in einem Softwaremodul gekapselt werden,

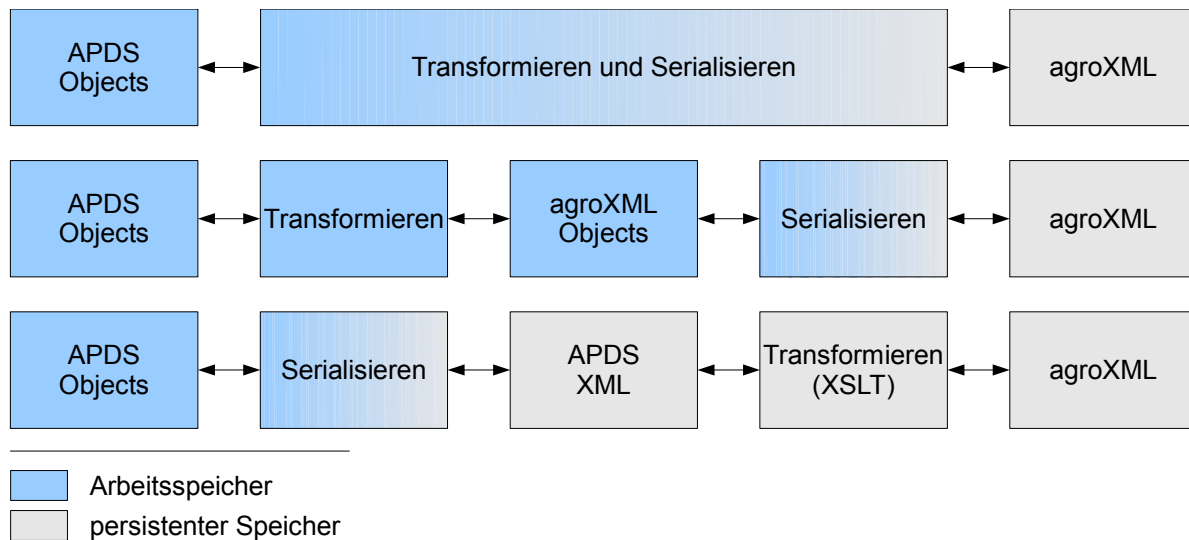


Abbildung 68: Möglichkeiten der Transformation („Mapping“) und Serialisierung von Datenstrukturen aus der Anwendung in das Datenmodell von agroXML

was Entwicklungs- und Wartungsaufwand auch bei Änderungen in einem der Datenmodelle reduziert. Auf ähnliche Weise funktioniert die dritte Variante, allerdings findet hier die Transformation erst in der Persistenzschicht statt. Die manuellen Schritte bestehen in der Aufstellung der Transformationsregeln mit XSLT (Extensible Style Sheet Transformation) mit den dadurch gegebenen Beschränkungen. Für den Aufwand bei der Umsetzung und Pflege der Schnittstelle und damit für die Akzeptanz und Verbreitung von agroXML wäre es also zwingend notwendig, auf ein vereinfachtes Datenmodell hinzuwirken. Dies zeigt sich auch in den Versuchen, Webserviceschnittstellen zur Übertragung von agroXML zu erstellen.

So war es nicht möglich, eine Datei nach dem geforderten agroXML-Datenformat mit einem Webservice entsprechend einer OGC-Referenzimplementierung (GeoServer, Deegree) richtig zu übertragen. Dies ist allein den komplexen Strukturen in agroXML geschuldet. Nur Vereinfachungen im Schema eröffneten diese Möglichkeit. Auch eine zusätzliche Transformation eines vereinfachten XML in agroXML mit Hilfe von XSLT (Extensible Style Sheet Transformation) wäre denkbar und wurde bereits mit deegree2 getestet [NBB07]. Dieser Ansatz kann zwar als „machbar“, aber nicht als „wegweisend“ angesehen werden.

Die Möglichkeit der Übertragung von bereits verarbeiteten Maßnahmen im Format von ISOXML wäre zwar technisch gesehen möglich, ist aber als problematisch einzustufen. So wäre der Prozessdatenservice neben dem FMIS und dem MICS eine weitere Instanz, die IDs vergeben müsste, z. B. für neue Maßnahmen. Zudem müssten Kennzahlen, die berechnet werden sollen, aber nicht im ISOBUS-Standard vorgesehen sind, nur zu Auswertungszwecken in den Standard aufgenommen werden.

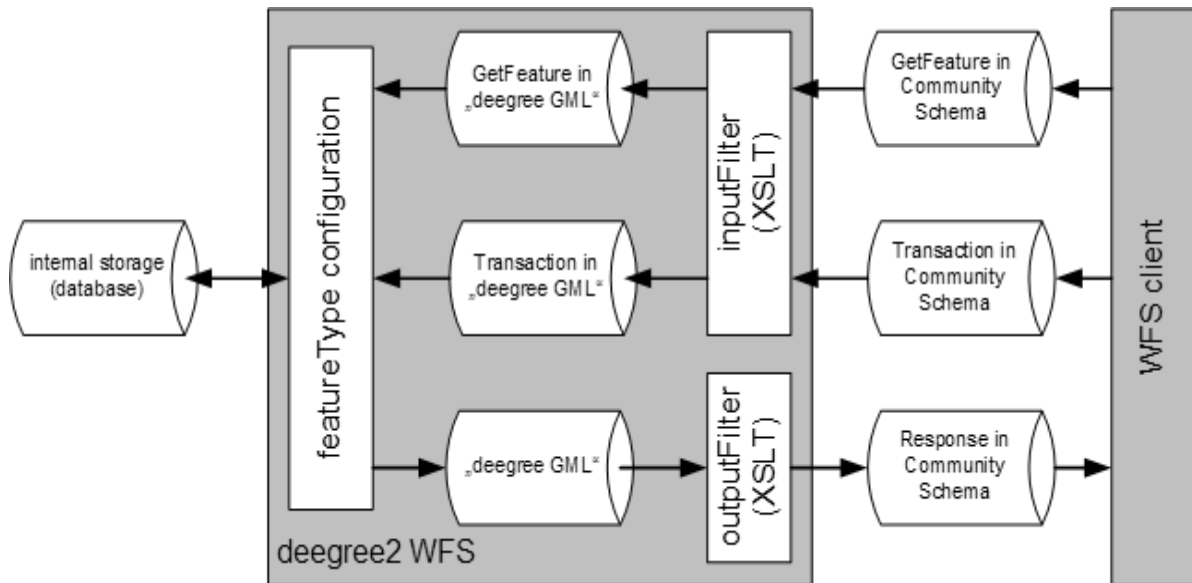


Abbildung 69: Nutzung von XSLT zur Transformation von Anfragen und Antworten eines Web Feature Service [Nas06]

5.1.6 Fazit

Das System stellt eine Weiterentwicklung der bisherigen Systeme (3.2.4) dar. In seiner Umsetzung unterscheidet es sich hauptsächlich in der Konzeption als Service, der eine Automatisierung der Datenübertragung ermöglicht. Ausgehend von einer automatischen Datenerfassung wird so durch die Realisierung der automatisierten Verarbeitung der Weg zur automatischen Dokumentation eröffnet. Speziell für die Verlässlichkeit der Dokumentation ist dies ein wichtiger Schritt [SKPH05]. Damit sind grundlegende Funktionen für die Verbreitung von Precision Farming in der Praxis erfüllt [Lan04], [RA04a].

Mit der Implementation des Prozessdatenservice kann die grundsätzliche Machbarkeit einer Trennung der Prozessdatenverarbeitung vom Farm Management System bewiesen werden. Dabei wird gezeigt, dass die notwendigen technischen Komponenten realisierbar sind. Dies schließt die dafür benötigte Datenerfassung, Auswertung und Datenübertragungen mit ein. Der Bereich der Prozessdaten kann über Schnittstellen an ein Informationsmanagementsystem für Precision Farming angebunden werden. Damit kann auch von einer grundsätzlichen Anwendbarkeit einer solchen Infrastruktur für das Datenmanagement ausgegangen werden.

Gleichzeitig kann auch die Eignung der Prozessdatenverarbeitung für die Kapselung in einem Service und die notwendige Integration von Prozessdaten in betriebliche Abläufe gezeigt werden. Spezifische Charakteristika der Verarbeitung von Prozessdaten, wie die enormen Datenmengen für Übertragung, Verarbeitung und Speicherung, komplexe Auswertungsalgorithmen, die entsprechend Leistung benötigen und die geforderte ständige Verfügbarkeit der Daten prädestinieren die Umsetzung als Service. Das Ziel der Verschiebung von Komplexität bei der Nutzung der EDV weg vom Anwender ist erreichbar. Es

bringt allerdings neue Herausforderungen für die IT-Systeme, die vor allem in der Komplexität der Schnittstellen und der Sicherung der Datenintegrität zu sehen sind.

Aufgrund der detaillierten Prozessdatenerfassung und der gegebenen Auswertungsmöglichkeiten eignet sich ein solches System als Datenlieferant für ein Informationssystem Precision Farming. Es schafft die Möglichkeit, auf die benötigten Daten zielgerichtet zuzugreifen. Bei der Datenerfassung müssen bestimmte Voraussetzungen gegeben sein, um die Daten als Grundlage für Precision Farming verwenden zu können. Auch für Betriebe, die kein Precision Farming im engeren Sinn betreiben, kann ein derartiger Service zusätzlichen Nutzen bringen. Dazu ist eine geringere Informationsintensität ausreichend.

Die Leistungen des Prozessdatenservice beinhalten derzeit sowohl das Auswerten als auch das Speichern der Daten. Dies könnte in zwei getrennte Services aufgeteilt werden. Aufgrund des übertragenen Datenvolumens während der Auswertungen und zur Vermeidung zusätzlicher Komplexität im System wird dies aber nicht befürwortet.

Mit dem Prozessdatenservice ist nun die Voraussetzung für die Integration von Prozessdaten in ein Informationssystem für Precision Farming gegeben. Die Daten stehen an einer Schnittstelle für die weitere Verwendung bereit. Die Umsetzung der Prozessdatenverarbeitung als Service bietet zahlreiche Möglichkeiten und hat weitere Entwicklungspotentiale. Entscheidend für die Durchsetzung dieses Konzepts ist allerdings auch, ob sich das übergeordnete Konzept für das Informationsmanagement als Service Orientierte Architektur realisieren lässt. Im Folgenden wird dieses übergeordnete Konzept beleuchtet.

5.2 Informationsmanagementkonzept

Das übergeordnete Konzept der Service Orientierten Architektur wurde durch weitere Anwendungsfälle getestet [NK06], [NKB07], [NKB08], [NBWMW07], [NKBD07]. So wurde ein Versuch unternommen, Bodenproben über Webservices zu organisieren, indem der Landwirt über einen Webservice die Proben beauftragt, diese dann entsprechend von einem Dienstleister ausgeführt werden und das Ergebnis an den Landwirt zurückgegeben wird. Dies ist ein Vertreter von Services, bei denen sich hinter dem Webservice eine physische Dienstleistung verbirgt. Als Vertreter eines kaskadierenden Services wurde die Erstellung einer Applikationskarte für die N-Düngung gewählt. Dabei spricht der eigentliche Service für die Erstellung der Karte im Hintergrund weitere Services an, die wiederum Daten für die Berechnungen liefern. Diese Beispiele zeigen die Realisierbarkeit der notwendigen Datenflüsse und damit die Eignung des Aufbaus für ein Informationsmanagementsystem für Precision Farming.

Auch für den Prozessdatenservice wurden weitere Anwendungsfälle getestet (siehe 4.4.2). Mit dem Abstandsmanager konnten die Prozessdaten in eine komplexe Anwendung integriert werden, die sich unterschiedlicher Services zur Erfüllung einer Aufgabe bedient. Der Rückverfolgbarkeitsservice zeigt eine nutzbringende Verbindung von Daten aus der Pri-

märproduktion mit Daten aus Verarbeitung und Handel und damit die Möglichkeiten der Verkettung von Services entlang der Wertschöpfungskette. Technisch ist durch diese Verkettung von Services eine vollständig gläserne Produktion realisierbar. Datenschutzrechtliche Aspekte sind dabei nicht berücksichtigt.

Implementation und Test des Prozessdatenservice, aber auch anderer Anwendungsfälle zeigen, dass mit dem Konzept einer Service Orientierten Architektur die Probleme proprietärer Schnittstellen und komplexer manueller Datenverarbeitungsschritte gelöst werden können. Von der Vorzüglichkeit verteilter Anwendungen, die über standardisierte Schnittstellen verbunden sind, gegenüber monolithischen Programmen kann für die Anforderungen der Zukunft ausgegangen werden. Für die weitere Entwicklung sind einige Aspekte genauer zu beleuchten.

5.2.1 Aufbau als Service-Infrastruktur

Die Darstellung unterschiedlicher Komponenten als Services zeigt sich bei den Untersuchungen als tragfähiges Konzept. Durch die Abtrennung von einzelnen Prozessen oder Funktionen vom System des Landwirts ist eine Übertragung der Verantwortung für diese Komponenten an Dienstleister möglich. Dadurch kann die geforderte Verlagerung von Aufgaben, die nicht das Betriebsmanagement betreffen, weg vom Landwirt umgesetzt werden. Zudem können Spezialisten im jeweiligen Bereich den Service fachlich und technisch unterstützen. Die Einbindung der Services ist vom Prinzip her einfach, da diese wie eine Subroutine angesprochen werden können [WVB07].

Auch die Services selbst können von der Architektur profitieren, indem sie wiederum andere Services nutzen. So kann der Prozessdatenservice in regelmäßigen Abständen einen Service aufrufen, der die aktuelle Liste der Einträge im Data Dictionary von ISO 11783-11 bereitstellt und so immer auf den aktuellen Stand bringt. Die Integration externer Daten ist so erleichtert und automatisierbar. Komplexere, kaskadierende Services sind ebenfalls umsetzbar, wie die Erstellung von Managementzonen durch Orchestrierung mehrerer Services zeigt [NBWMW07]. In Bezug auf Verfügbarkeit und Funktionsfähigkeit der Systeme sind verschiedene Problemfälle noch zu klären bzw. bei der Implementierung zu berücksichtigen. Wie verhalten sich solche kaskadierenden Services, wenn ein aufgerufener Service nicht antwortet?

Die Vorzüglichkeit des Service Orientierten Ansatzes zeigt sich vor allem bei einem Vergleich mit möglichen Alternativen, beispielsweise einer manuellen Datenübertragung. Sollen ausgehend von einer lokalen Schlagkartei auf dem PC des Landwirts bestimmte Datenverarbeitungsschritte von einem Dienstleister übernommen werden, so müssen die Daten dorthin übertragen werden. Dies setzt zunächst voraus, dass der Landwirt in der Lage ist, die notwendigen Daten zu exportieren. Diese müssen dann z. B. per Email an den Dienstleister versendet werden. Nach der Verarbeitung kommen sie dann auf ähnlichem Weg zu-

rück und müssten manuell importiert werden. Schon an der Vielzahl der manuellen Schritte lässt sich die Anfälligkeit für Bedienfehler ableiten.

Allerdings ist die Möglichkeit, dass über Services Funktionen für den Nicht-Spezialisten verfügbar gemacht werden können [NBWMW07], kritisch zu hinterfragen. In jedem Fall muss individuell entschieden werden, ob sich Sinn und Nutzen eines Service für einen Anwender ohne jegliches Wissen erschließen. Das Wissen des Nutzers sollte in die Überlegungen miteinbezogen werden, wenn es um Qualität und Aussagekraft von Ergebnissen von Services geht. Nicht jede Funktion ist dafür geeignet, in Form einer Blackbox Ergebnisse zu liefern, ohne dass der Anwender Informationen über den Einfluss der unterschiedlichen Parameter hat.

Auch in der neueren Literatur zum Datenmanagement in der Landwirtschaft treten Service Orientierte Architekturen als Lösungsansätze für den Agrarbereich vermehrt auf [WVB07], [WMVB09], [MSSS09], [SGSMS09], [SFNPB10]. Insofern wird das Ergebnis der grundsätzlichen Eignung einer SOA auch von anderen Untersuchungen bestätigt.

Mit der Einführung einer SOA für den Agrarbereich (AgSOA) würde ein Markt für landwirtschaftliche Services entstehen, der es dem Landwirt zukünftig ermöglicht, die für seinen Betrieb passenden Services auszuwählen. Entscheidungen für Software aufgrund von Kompatibilitätsproblemen könnten damit der Vergangenheit angehören. Auch die Anpassung an unterschiedliche Betriebsgrößen ist so darstellbar. Kleinere Betriebe können weiterhin mit der Schlagkartei die für sie notwendigen Funktionen darstellen. Mit zunehmender Betriebsgröße oder Spezialisierung kann der Landwirt weitere externe Services in Anspruch nehmen. Sehr große Betriebe können für bestimmte Anwendungen eigene Services inklusive der erforderlichen Hardware betreiben. Für Gebiete, auf denen kein Know-how vorhanden ist, können Services von Dienstleistern zugeschaltet werden. Dies funktioniert allerdings nur, wenn der Hersteller des FMIS entsprechende Schnittstellen in seiner Software vorsieht. Die IT-Umgebung eines Betriebes ist so individuell zu skalieren und zu konfigurieren.

Als ein Beispiel einer sinnvollen und erfolgversprechenden Nutzung von Services kann der Prozessdatenservice gesehen werden. Die komplexe „Welt“ der Prozessdaten und ihrer Verarbeitung kann so Spezialisten überlassen werden. Die Anbindung über Services mit standardisierten Schnittstellen ermöglicht dem Landwirt trotzdem einen einfachen Zugriff auf die Daten. Der Prozessdatenservice kann also als ein Beispiel gesehen werden, um interne und externe Datenquellen zu erschließen und als Subsysteme an das Informationsmanagementsystem anzubinden. Ein potentielles, zukünftiges, komplexes Subsystem, das so an den betrieblichen Informationsfluss angebunden werden könnte, ist ein System kleiner Sensoren, die in einem Feld ein sogenanntes Wireless Sensor Network bilden und auch als „Smart Dust“ bezeichnet werden [GTL05]. Sie registrieren unterschiedlichste Parameter der Umgebung wie Temperatur und Feuchtigkeit im Bestand und beliefern damit

ein Modell zur Vorhersage von Krankheiten. Wird hier ein Service vorgeschaltet, so lassen sich die Ergebnisse dieses Modells direkt in das Informationssystem des Landwirts integrieren.

Durch die Anbindung der unterschiedlichen Subsysteme und die entsprechende Verwertung dieser Information im FMIS lässt sich bei einem hohen Automatisierungsgrad eine zentrale Aufgabe von Managementinformationssystemen erreichen, nämlich „...dem Unternehmer gezielt Informationen zu liefern, um ihn in die Lage zu versetzen, seine unternehmerischen Ziele zu erreichen“²⁰ [LS81].

Insgesamt entsteht durch den vorgeschlagenen Aufbau mit den Services und den Landwirten als Teilnehmer ein Netzwerk, für das die Gültigkeit des „Metcalfeschen Gesetzes“ angenommen werden kann. Diese Faustregel ist nach dem Erfinder des Ethernets benannt und besagt, dass der Nutzen eines Kommunikationssystems mit dem Quadrat der Anzahl der Teilnehmer steigt. Je mehr Landwirte dieses Netzwerk nutzen, desto günstiger wird die Entwicklung von Algorithmen aus finanzieller Sicht. Investitionen in neue Algorithmen, in die Verbesserung der Qualität oder Spezialanwendungen lassen sich einfacher realisieren. Durch die Erweiterung des Funktionsumfangs und der Qualität profitieren die Landwirte. Auch Vergleiche über die Betriebsgrenzen hinweg sind bei einer soliden Datengrundlage technisch einfach realisierbar.

5.2.2 Integration

Die Integration von Information in betriebliche Abläufe ist eine zentrale Aufgabe im Informationsmanagement. Dabei ist nicht nur die Integration von Daten, sondern auch von Funktionen und Prozessen gemeint. Ziel ist dabei letztendlich, Daten für den Informationskreislauf im Precision Farming zu erschließen und die Integration zu ermöglichen. Durch verschiedene Anwendungsfälle wurde gezeigt, dass sowohl einfache Daten, wie Pflanzenschutzmittellisten, als auch umfangreiche, komplexe Prozesse, wie die Bodenbeprobung mit entsprechender Düngeempfehlung oder die Verarbeitung von Prozessdaten von Seiten der Software erschlossen werden können und so in ein wissensbasiertes, computergestütztes Management integrierbar sind. Nach den Untersuchungen kann die grundsätzliche Realisierbarkeit festgestellt werden. Technische Möglichkeiten (Services, Datenformate, Verbindungen) sind also vorhanden.

Ob sich der Informationskreislauf dann schließen lässt, liegt aber im Verantwortungsbereich des Landwirts. Er ist es, der die Prozesse seines Betriebes definieren muss und damit auch vorgibt, welche Information an welcher Stelle genutzt wird. Der Aufbau eines Informationsmanagementsystems allein führt also nicht automatisch zu durchgehenden Informationsströmen. Deshalb ist es auch eine Frage der konkreten Umsetzung, für die die Verantwortung bei Softwareherstellern liegt, ob Landwirte in der Lage sein werden, diese Aufgabe zu erfüllen. Dabei stellen sich weitere Fragen: Können die notwendigen Eingriffe für

20 a.a.O., S. 91.

den Nutzer reduziert werden? Sind die notwendigen Eingriffe verständlich und übersichtlich? Kennt der Nutzer die Konsequenzen seines Handelns, zum Beispiel bei der Vorgabe bestimmter Einstellungen? Dabei bleibt es dem Hersteller der Software (FMIS) vorbehalten, ob Verbindungen zu Services im Hintergrund genutzt werden (Bsp. Aktualisierung der Pflanzenschutzmitteldaten), automatisch genutzt und nur Ergebnisse angezeigt werden, wenn Probleme existieren (Abstandsmanager), oder als benutzergeführter Prozess gestaltet werden. Im Falle des Prozessdatenservice hieße das, ob Maßnahmen direkt und automatisch importiert werden oder eine Bestätigung oder Zuordnung des Benutzers notwendig ist. Integration ist demnach nicht eine Aufgabe der standardisierten Schnittstelle oder eines einzelnen Webservice, sondern des Landwirts bzw. seiner Software, dem FMIS (siehe auch 5.2.6).

Anzumerken ist an dieser Stelle auch die Möglichkeit der Integration von Daten des Landwirts in andere Systeme. Beispiele dafür wären der gezeigte Rückverfolgbarkeitservice oder auch spezielle Anwendungen für Berater, die so Zugriff auf die Daten ihrer Mandanten bekommen und direkt mit ihrer Software in der Lage sind, beispielsweise Betriebsvergleiche zu erstellen. Liegen die Daten auf dem PC des Landwirts, wie das bisher der Fall ist, lassen sich solche Szenarien nicht realisieren.

5.2.3 Datenhaltung

In Verbindung mit der Service Orientierten Architektur ergibt sich auch eine separierte Datenhaltung. Die Daten werden auf den Systemen gespeichert, denen sie thematisch am nächsten stehen, bzw. wo sie am häufigsten benötigt werden. Dabei kann es auch zu Mehrfachspeicherungen kommen. Während frühere Arbeiten aufgrund der vielen unterschiedlichen Daten in Dateien mit unterschiedlichen Formaten die Forderung nach einer Zentralisierung der Datenhaltung erhoben [Lin02b], wird diese Aufteilung der Daten heute akzeptiert oder auch gefordert [Lan04], [WVB07]. Allerdings ergeben sich dadurch neue Herausforderungen, vor allem was die Sicherheit und die Integrität der Daten betrifft.

Grundsätzlich wird die Verlagerung von Daten zu Dienstleistern von Landwirten kritisch gesehen. Dieser Einstellung widerspricht im Grundsatz, dass Landwirte den Computer mit am häufigsten für Homebanking einsetzen [RW03], für das offensichtlich das Vertrauen vorhanden ist. Es kann die These aufgestellt werden, dass die Bereitschaft der Nutzung eines derartigen Ansatzes steigt, sobald der Nutzen das Misstrauen übersteigt. Dies ist eine entscheidende Voraussetzung für die Zukunftsfähigkeit dieses Ansatzes. Diese Frage lässt sich aber derzeit nicht definitiv beantworten. Allerdings scheint die Tendenz, dass immer mehr Menschen sehr viele private Daten in sozialen Netzwerken im Internet preisgeben, entweder auf ein verringertes Problembewusstsein oder aber auf eine zunehmende Akzeptanz der Speicherung privater Daten auf fremden Servern hinzudeuten.

Neben den zum Teil subjektiven Bedenken von Nutzern stellt die Verteilung von Daten auf mehrere Systeme auch technische Herausforderungen. Mit Zunahme der Systeme, in de-

nen Daten gespeichert sind, steigt auch der Aufwand, um die Integrität dieser Daten zu sichern, da es zu Überschneidungen der Datenmodelle und damit zur Mehrfachspeicherungen kommt. Im gewählten Ansatz sind die zentralen Daten eines Betriebes in der Datenbank des FMIS gespeichert. Externe Daten werden bei den Services selbst gespeichert. Überschneidungen treten auf, wenn z. B. im FMIS Maßnahmen vom Prozessdatenservice abgerufen und dann im Arbeitstagebuch des FMIS gespeichert werden. Damit sind zwar die einzelnen Prozesswerte weiterhin nur beim Service gespeichert, die beschreibenden Daten der Maßnahme liegen aber auf beiden Systemen vor. Werden die Daten beim Prozessdatenservice mit einem verbesserten Algorithmus erneut analysiert, stimmen die Daten nicht mehr überein. Ähnliches tritt beispielsweise auch bei Änderungen von Stammdaten auf. Dies ist auf alle Services, die Daten speichern, übertragbar.

Auch in der Industrie treten solche Herausforderungen auf. Allerdings können die Probleme meist innerhalb der systemischen Grenzen des Unternehmens gelöst werden, was in diesem Fall durch den branchenweit angedachten Aufbau nicht möglich ist.

LANGNER (2004) sieht drei Lösungsansätze für die fragmentierte Datenhaltung:

- fragmentierte Datenhaltung ohne Replikation: Daten sind auf verschiedene Systeme verteilt. Für die Zusammenführung der Daten ist der Anwender verantwortlich.
- fragmentierte Datenhaltung mit Replikation ausgewählter Daten: Beschränkung auf ausgewählte Ergebnisse. Rohdaten werden nicht mehrfach gespeichert.
- fragmentierte Datenhaltung mit Replikation durch Snapshots: Daten sind mehrfach gespeichert, aber je nach notwendiger Aktualität werden die Daten nur in gewissen Zeitabständen kopiert.

Eine Aussage zur Eignung der Ansätze wird nicht gemacht. Allerdings wird zu bedenken gegeben, dass das Vorgehen zum Aufbau eines derartigen Systems in der Regeln mit der Definition eines gesamten Datenmodells beginnt. Für das hier verwendete Service orientierte Konzept wäre also die Definition eines gemeinsamen Datenmodells notwendig, wie es agroXML beinhaltet. Das interne Modell eines einzelnen Service kann ein eigenes sein, muss aber nach außen in dem gemeinsamen Modell dargestellt werden.

Im getesteten Konzept für das Informationsmanagement für Precision Farming wurde der Ansatz der fragmentierten Datenhaltung mit Replikation ausgewählter Daten angewandt. Nur ausgewählte Ergebnisse (Maßnahmen) des Prozessdatenservice werden übertragen und im FMIS gespeichert. Die Aufgabe der Sicherung der Integrität der Daten muss vom FMIS übernommen werden. Durch die zeitliche Steuerung des Datenabrufs durch das FMIS wird die Technik mit Snapshots kombiniert.

Der Aufbau eines Systems der fragmentierten Datenhaltung ohne Replikation über Unternehmensgrenzen setzt neben dem gemeinsamen Datenmodell auch eine eindeutige Adressierung der Daten voraus, da die Zusammenführung der Daten in der Verantwortung des Anwenders liegt. Ein Ansatz dazu, der über die reine Datenhaltung hinaus geht, ist der

des Representational State Transfer (REST), der im Grunde ein Programmierparadigma für Webanwendungen ist. Beim Austausch von Daten über XML-Dokumente werden Objekte mit einer eindeutig identifizierbaren URL (Unified Resource Locator) versehen, über die die zugehörigen Daten abgerufen werden. Der Anwender wird so in die Lage versetzt, die Daten aus den unterschiedlichen Systemen je nach Notwendigkeit zusammenzusetzen. In Konsequenz wäre es auch denkbar, dass die Daten z. B. von Maschinen auf der Maschine gespeichert bleiben, von wo sie durch die eindeutige Identifizierung von jeder berechtigten Software abgerufen werden könnten. Die ständige Verfügbarkeit müsste für einen sicheren Betrieb gewährleistet werden.

Allen Ansätzen gemeinsam ist die Notwendigkeit einer Komponente, die für die Integrität der Daten verantwortlich ist und die dies durch eine zeitliche und inhaltliche Festlegung der ausgetauschten Daten sicherstellen muss. Hier muss letztendlich entschieden werden, wann beispielsweise Daten vom Prozessdatenservice abgerufen werden, welche Daten angefordert und gespeichert werden und welcher Datensatz bei Konflikten als gültig erachtet wird. Diese Aufgabe muss das FMIS als zentrale Komponente und Software des Landwirts übernehmen.

5.2.4 Architektur, Schnittstellen und Datenformate

Im Allgemeinen, aber auch gerade wegen der Konzeption der Infrastruktur als Service Orientierte Architektur, spielen Schnittstellen eine zentrale Rolle.

Die im Projekt preagro favorisierte Nutzung der OGC-Webservices ist nur möglich, wenn das Datenformat dem GML-Standard entspricht. Dabei werden für jeden Servicetyp unterschiedliche Methoden bereitgestellt. Um Daten von einem Web Feature Service abzurufen ist ein "GetFeatureRequest" notwendig. Software, die diese Services nutzt, muss die entsprechenden Methoden kennen und ansprechen können. Die speziellen Probleme bei der Implementierung des Prozessdatenservice (5.1.5) sind auf das Gesamtsystem übertragbar, vor allem was die Komplexität des Datenformats und der Konfigurationen angeht. Zudem können weder für die Entwicklung des Service noch des Clients gängige Hilfsmittel zur Coderegenerierung einer Umgebung zur integrierten Softwareentwicklung (Integrated Development Environment - IDE) genutzt werden.

Dies wäre allerdings möglich, wenn die Webservices nach dem SOAP-Standard aufgebaut sind. Durch die Beschreibung eines Services mit WSDL (Web Service Description Language) stehen Werkzeuge zur Verfügung, mit deren Hilfe das Gerüst des Programmcodes automatisch generiert werden kann. Die Methoden, die der Service anbietet, sind dann aber frei benennbar und so müssen bei der Entwicklung einer Applikation, die als Client auf die Funktionen des Service zurückgreift, diese Methoden bekannt sein. Die dynamische Kopplung, wie sie als eine der Vorzüge von SOAP dargestellt wird, funktioniert zwar in Testlabors, ist aber in der Praxis schwer realisierbar [Don04], [MSFK09b] und wurde bei den vor-

genommen Entwicklungen auch nicht benötigt, da dies in dem hier benötigten Kontext sogar unternehmensübergreifend funktionieren müsste.

Zur Reduzierung der Komplexität wurde bei agroXML die enge Bindung an GML bereits aufgegeben. Lediglich die Konstrukte für Geodaten verwenden noch das Konzept aus GML. Zusätzlich wird im Umfeld von agroXML bereits mit so genannten RESTful Services experimentiert [MSFK09a]. Diese Art von Services arbeitet nach der Idee des Representational State Transfer (REST) (siehe auch 5.2.3). Hier muss keine Zugriffsmethode, sondern nur das Datenmodell eines Service bekannt sein, das in diesem Fall durch agroXML bereitgestellt werden könnte. Der Zugriff auf die Daten erfolgt mit den Methoden des HTML-Protokolls: *GET*, *POST*, *PUT*, *DELETE*. Die Ressourcen werden über URLs (Uniform Resource Locator) weltweit eindeutig identifiziert. Das Prinzip entspricht einem gezielten, direkten Abruf oder einer Manipulation der Daten beim Service, ähnlich einem Zugriff auf Daten in einer Datenbank. Dem Client ist das Datenmodell des Service bekannt, so dass er direkt durch die Daten navigieren kann. Die Methoden dazu muss der Client selbst bereitstellen, während beim Ansatz mit SOAP der Client nur mit Methoden arbeitet, die bereits bei der Erstellung des Clients bekannt sein müssen. Auf diese Weise ist es bei REST möglich, zusätzliche Funktionen durch Anpassung des Clients zu realisieren, ohne den Service verändern zu müssen.

Ein weiter gehender Ansatz wäre, die SOA durch einen Enterprise Service Bus (ESB) zu unterstützen (Abb. 70). Über eine eindeutige Definition oder auch durch wen der Begriff letztendlich eingeführt wurde, herrscht in der Literatur keine Einigkeit. Allen Ansätzen gemeinsam ist jedoch, dass im Gegensatz zu Webservices, die direkt mit einem Client verbunden sind (Punkt-zu-Punkt-Verbindungen), eine Zwischenschicht implementiert wird. Diese stellt Komponenten zur Verfügung, die vor allem einer Kommunikationsinfrastruktur zuzuordnen sind. Derartige Software kann unter dem Stichwort Message Oriented Middleware (MOM) zusammengefasst werden. Aber auch Komponenten, die Sicherheit oder Transformationen unterstützen, können Bestandteil eines ESB sein. Unter dem ESB ist nicht allein die Datenleitung zu verstehen, auf der die Kommunikation stattfindet, vielmehr ist dies die Gesamtheit der Anwendungen, die eine Kommunikationsinfrastruktur bereitstellen. Dieses Vorgehen ermöglicht die Trennung von Geschäfts- und Integrationslogik, hat aber letztendlich organisatorische Konsequenzen, vor allem, wenn ein derartiges System über Unternehmensgrenzen hinweg aufgebaut werden soll. Die Standardisierung ist mit Erarbeitung und Festlegung von Datenformat und Zugriffsmechanismus nicht abgeschlossen. Für den Betrieb der Infrastruktur des ESB müsste eine Institution verantwortlich sein.

Bei einem Vergleich dieser Darstellung (Abb. 70) mit den konzeptionellen Vorgaben zum Aufbau der allgemeinen Infrastruktur (Abb. 13) scheint der Ansatz der Nutzung eines ESB dem ursprünglich favorisierten Konzept näher zu sein. Allerdings ist bei diesem Vergleich das Datenformat als verbindendes Element herausgelöst. Es ist nur die Kommunikations-

-struktur dargestellt. Der Ansatz des direkten Datenaustausches mit Webservices wurde für die durchgeführten Untersuchungen gewählt, um die organisatorischen und technischen Aufgaben des Betriebes eines ESB zu vermeiden. Zudem ließen die Referenzimplementierungen der OGC-Webservices den Schluss zu, dass durch deren Nutzung eine schnelle und unkomplizierte Implementierung möglich sei. Dies konnte allerdings nicht bestätigt werden. Deshalb muss diese Art der Ausgestaltung der Infrastruktur in die weitere Entwicklung miteinbezogen werden.

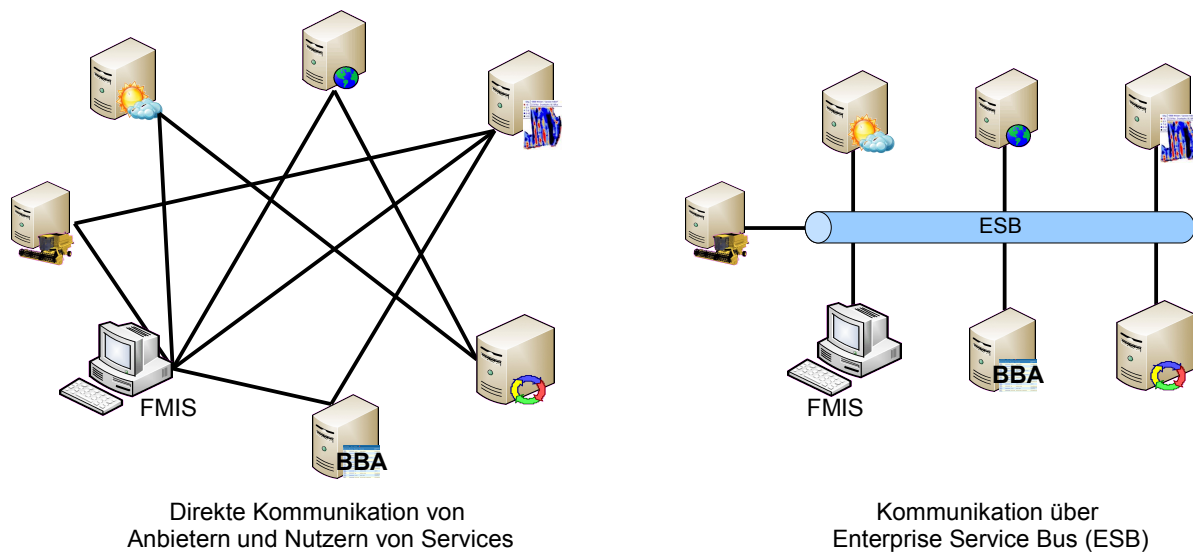


Abbildung 70: Infrastrukturen zum Datenaustausch mit und ohne Kommunikationsbus (ESB)

MURAKAMI et al. (2009) haben eine Infrastruktur mit einem ESB für Precision Farming getestet [MSS09]. Die Vorteile werden vor allem in der schnellen Umsetzbarkeit gesehen. Für ESB existieren unterschiedlichste Produkte von Softwarefirmen, die für eine Implementierung genutzt werden können; ebenso entsprechende Plugins für die Softwareentwicklung, die die Realisierung solcher Anwendungen beschleunigen können. Auf die organisatorischen Konsequenzen eines derartigen Modells wird allerdings in der Quelle nicht eingegangen.

WOLFERT et al. (2010) sehen in der Umsetzung als ESB zusätzliche Vorteile [WVVB10]. Sie bewerten die Zuständigkeit einer Organisation für den Betrieb des ESB als fördernd für die weitere Entwicklung. Zudem würde die Anbindung von Services benachbarter Disziplinen mit eigenen Datenformaten erleichtert, da die notwendigen Transformationen Teil des ESB sein könnten. Der Aufbau dieser SOA erfolgt in drei Schichten, wie dies auch von ERL (2005) [Erl05] vorgeschlagen wird:

- Applicationservices stellen als Basis die eigentlichen, thematisch abgegrenzten Anwendungen dar (z. B. „Ertragskarte aus vorgegebenen Daten erstellen“).

- Businessservices sind generische Webservices, die meist durch Orchestrierung von Applicationservices zusammengesetzt sind und von unterschiedlichen Betrieben oder Prozessen verwendet werden können (z. B. „hole Ertragskarte).
- In einer übergeordneten Ebene (Business Process Management Layer) werden Prozesse eines Unternehmens modelliert und die Punkte, an denen auf die Businessservices zugegriffen wird, werden definiert.

Die Vorteile dieses Vorgehens werden in einer eigenständigen Modellierbarkeit von Daten und Prozessen gesehen. Dadurch können Entwicklungswerkzeuge im Umfeld des ESB und des Business Process Management (BPM) leichter eingesetzt werden und ein schneller Aufbau und Test des Systems ist möglich. Eine Herausforderung sehen die Autoren vor allem in der Ausgestaltung eines branchenweiten ESB über die Unternehmensgrenzen hinweg, nicht zuletzt aufgrund der organisatorischen Belange auch auf internationaler Ebene und der Vereinbarkeit der vorhandenen Standards im Bereich der Kommunikation und des verteilten Aufbaus von Softwarearchitekturen in Unternehmen.

Während die angestellten Untersuchungen klare Hinweise geben, dass das Konzept einer auf Services basierenden Infrastruktur geeignet ist für den Aufbau eines Informationsmanagementsystems für den Pflanzenbau (5.2.1), kann die Frage nach der geeigneten Technik zur Umsetzung nicht abschließend beantwortet werden. Die eigenen Versuche mit agroXML und Webservices weisen auf schwer beherrschbare Probleme im Bezug auf die Komplexität des Datenformats hin. OGC-Webservices waren damit überfordert. SOAP Webservices könnten mit der Komplexität im Datenformat vermutlich arbeiten. Gilt es aber eine steigende Anzahl von Dienst Anbietern in die Infrastruktur einzubinden, wird es schwieriger, die Vielzahl der unterschiedlichen Services anzusprechen, da jeder einzelne Methodenaufruf bereits vorab bekannt sein müsste [MSFK09a].

Die laufenden Forschungen dazu scheinen zwei unterschiedliche Strategien identifiziert zu haben. Zum einen wird versucht, durch die Ergänzung weiterer Komponenten, zum Beispiel durch den Aufbau einer Infrastruktur nach dem Prinzip eines ESB, die Komplexität zu verteilen und so die einzelnen Komponenten einfacher zu gestalten [MSSS09], [WVVB10]. Für die Entwicklung bedeutet dies, dass die Aufgaben des Prozessdesign, des Betriebes der Infrastruktur und der Bereitstellung von Anwendungen und Daten getrennt werden können und so den jeweiligen Spezialisten zu überlassen sind. Zum anderen wird durch eine Reduktion auf die Methoden des Hypertext Transfer Protocol (HTTP) mit einem RESTful Design versucht, die Komplexität auf die Verständigung auf ein gemeinsames Datenmodell zu reduzieren und die Festlegung auf Methoden den Entwicklern von Clients und Services zu überlassen [MSFK09a].

Um zu einer Aussage über die Eignung der Konzepte zu gelangen und letztendlich eine grundlegende Entscheidung für den Aufbau eines Systems für die Praxis schaffen zu können, wäre es sinnvoll, ein definiertes Set an Anwendungsfällen parallel in den möglichen

Techniken zu implementieren. Eine vergleichende Analyse von Entwicklung und Betrieb der Infrastruktur würde Hinweise auf den geeigneten Lösungsansatz geben.

5.2.5 Organisatorisches zur Standardisierung

Unabhängig von der verwendeten Technik müssen Absprachen getroffen werden. Eine Lösung, ohne zumindest ein Datenmodell abzusprechen, ist nicht realistisch. Da es sich bei der Schaffung eines branchenweiten Standards zum Datenaustausch im Agrarbereich um unternehmensübergreifende Definitionen handelt, ist die Standardisierung nicht zuletzt eine organisatorische Herausforderung.

Als problematisch ist die derzeit fehlende Harmonisierung der Datenübertragungsformate für die Landwirtschaft auf internationaler Basis einzustufen. Diese findet zwar auf organisatorischer Ebene statt, schlägt sich bisher jedoch nicht in einem gemeinsamen Datenformat nieder. Zudem treten im Allgemeinen in der ICT auch häufig "Standards" auf, die zueinander in Konkurrenz stehen. So existieren im Umfeld der Webservices angeblich über 100 Standards, die sich teilweise sogar überschneiden oder konkurrierende Festlegungen beinhalten [Mel05]. Zusätzlich sind noch eine Vielzahl von Softwaretools vorhanden. Dies ermöglicht es im Grunde nur einem Experten auf diesem Gebiet fundierte Aussagen zu treffen. Der Landwirt kann diesen Bereich nicht mehr überblicken.

Eine offene Frage ist, wie sich ein Datenformat für die Landwirtschaft zu "benachbarten" Fachgebieten verhalten wird. Die Umsetzung von agroXML als GML-Applikations-Schema, wie dies hier getestet wurde, wurde bereits vom Normungsgremium von agroXML aufgegeben. Nur die konzeptionellen Ansätze aus GML werden weiterverfolgt (Featurekonzept). Es bleibt abzuwarten, ob ein Service, dessen Kernkompetenz die Verarbeitung von Geodaten ist, agroXML als Datenformat akzeptiert oder nur GML implementiert. Vor dem Hintergrund, dass bei Experten aus dem Umfeld der Geodaten von einer Einbindung von agroXML in eine GDI gesprochen wird [NKB08], während von Seiten von agroXML, die engere Bindung an GML aufgegeben wurde, treten die unterschiedlichen Positionen hervor und es stellt sich die Herausforderung, die unterschiedlichen, bereits existenten Ansätze zu vereinen. Zumindest für Services, die Basis-GIS-Funktionalität anbieten, wird davon ausgegangen, dass diese generische GIS-Formate akzeptieren werden [NBWMW07]. Hier könnte ein ESB ein möglicher Lösungsansatz sein, indem ein Transformationsservice des ESB zwischen den verschiedenen Konzepten und Datenformaten vermittelt und transformiert. In [WVB07] wurde ein ähnliches Konzept vorgestellt. Welche Rolle dabei der „Vermittler“ in Zukunft spielen wird, konnte auch hier nicht geklärt werden.

Die Rolle der Standardisierungsgremien wird es sein, die internationalen Standards weiterzuentwickeln und zu harmonisieren. Dabei muss zunächst der konzeptionelle Ansatz abgesprochen werden, aus dem dann folgt, ob auch Protokoll und Methoden Teil des Standards sind oder nur Datenmodell und -format. Bei der Herausgabe von Standards sollten gleichzeitig herstellerneutrale Institutionen vorhanden sein, die den dann angebotenen Services

die Konformität in Tests bestätigen. Die Entwicklung der Services selbst muss dabei dem Markt überlassen werden. Mit einem Ansatz eines "Living Lab", wie er in [VWB09] beschrieben ist, wird eine Möglichkeit vorgestellt, wie Test und Standardisierung Hand in Hand gehen können. Ein solcher Ansatz wird unter www.agrifoodlivinglab.nl getestet. So kann außerdem sichergestellt werden, dass bei der Standardisierung auch ein Einvernehmen von Modellen, Konzepten, Semantik und Ontologie berücksichtigt wird [WVB07].

Die Festlegung auf einen Weg ist aber Voraussetzung für den Aufbau einer Infrastruktur. So wird es nicht zuletzt von den Organisationen, die maßgeblich an der Standardisierung beteiligt sind, abhängen, zu welchem Zeitpunkt und in welchem Maße diese Techniken in der Praxis genutzt werden können.

5.2.6 Farm Management Information System (FMIS)

Auch wenn mit dem vorgeschlagenen System ein hoher Grad an Automatisierung erreicht werden kann, so bleiben doch für die Landwirte die Aufgaben der Kontrolle, des Steuerns und des Entscheidens. Dafür wird ein Eingriffspunkt benötigt. Im erarbeiteten Konzept ist dies das FMIS, das als zentrale Steuerungskomponente fungiert. Es nutzt je nach Bedarf die Funktionen und Daten der unterschiedlichen Services, um dem Landwirt die benötigten Informationen bereitstellen zu können und stellt je nach Ausprägung Mechanismen zur Entscheidungsunterstützung, zur Planung und Durchführung von Arbeiten sowie zur Dokumentation zur Verfügung. Die Einbindung von Services bietet dabei Flexibilität in der Ausgestaltung des FMIS, die genutzt werden kann, um die Software an die betrieblichen Gegebenheiten anzupassen.

Für die zukünftige Erstellung eines FMIS sind unterschiedliche technische Ansätze denkbar, die von der lokalen Software bis hin zu einer webbasierten Anwendung reichen. Die Notwendigkeit eines solchen Systems wird vor allem von konzeptioneller Seite als Software für die Interaktion mit dem Landwirt gesehen. Allerdings ist das FMIS auch von technischen her Seite notwendig.

Ergänzend zu den allgemeinen Anforderungen an die Infrastruktur für das Informationsmanagement aus 3.1.1 können nach dem Test und der Bewertung des Gesamtkonzepts die technischen Anforderungen an FMIS konkretisiert werden. Sowohl in der Diskussion der Möglichkeiten der Datenhaltung (5.2.3) als auch der technischen Aspekte der Architektur mit Services (5.2.4) wurde eine Forderung nach einer zentralen Komponente formuliert, die zum einen Mechanismen zur Sicherung der Integrität der Daten bereitstellt und zum anderen die Konfiguration und Zusammenstellung der Webservices regelt. Diese Zusammenstellung resultiert aus der Definition der Businessprozesse des einzelnen Betriebes. Erst die Gesamtheit dieser Prozesse eines Betriebes mit den damit verbundenen Daten ergibt den betrieblichen Informationsfluss, der im Grunde den Informationskreislauf für Precision Farming abbilden muss. Keiner der einzelnen Services bildet einen vollständigen Kreislauf ab, sondern stellt lediglich durch die Bereitstellung der Daten an einer standardisierten Schnitt-

stelle die Möglichkeit der Einbindung bereit. Die tatsächliche Integration muss vom FMIS übernommen werden. Künftige FMIS werden also auf technischer Seite folgende Funktionen erfüllen müssen:

- Implementation der Datenflüsse des Informationskreislaufs,
- Integration der unterschiedlichen Informationen in den Informationskreislauf,
- Anbindung von Subsystemen (Daten und Funktionen),
- Sicherung der Datenintegrität,
- Abbildung und Konfiguration von Geschäftsprozessen,
- Bereitstellung von Benutzeroberflächen für unterschiedliche Geräte und Anwendungsfälle.

In Abbildung 71 ist der Aufbau eines möglichen FMIS mit seinen Komponenten und der Einbindung in die Service-Infrastruktur dargestellt. Dieser Vorschlag stellt eine konzeptionelle Weiterentwicklung des Vorschlages dieser Arbeit auf Basis der Erkenntnisse aus der Implementation dar und kombiniert diese mit den Ansätzen aus [WVVB10]. Bei den Services wird in Anlehnung an WOLFERT et al., (2010) [WVVB10] eine Unterscheidung in Basic Services und Business Services getroffen. Basic Services sind abgeschlossene Services, die von einem „Agrardienstleister“ zur Verfügung gestellt werden. Dies kann zum Beispiel ein Labor zur Analyse von Bodenproben sein, bei dem sich hinter dem Webservice eine „echte“ physische Dienstleistung (vorgegebene Probe analysieren und „Werte der analysierten Probe zurückgeben“) verbirgt oder auch der Prozessdatenservice, für dessen Betrieb agrartechnisches Know-how erforderlich ist. Business Services können genutzt werden, um komplexere Abläufe, in denen mehrere Basic Services angesprochen werden, als einen Service darzustellen. Ein Beispiel wäre ein Service, der das Set an Abläufen vom Auftrag für die Bodenprobe über das Ziehen bis zur Rückgabe der Analysewerte zusammenfasst und dabei den vorher genannten Service nutzt. All diese Services sind Teil einer Infrastruktur, die sich zumindest durch ein standardisiertes Datenformat und das dazugehörige Datenmodell auszeichnet. Eine Festlegung auf ein technisches Konzept zur Umsetzung der Infrastruktur wird nicht getroffen, da hier weiterer Forschungsbedarf besteht (siehe 5.2.4). Der konzeptionelle Ansatz ist allerdings unabhängig von der verwendeten Technik. Das FMIS ist über die standardisierte Schnittstelle in der Lage, sich der Daten und Funktionen aus dem Pool von Services zu bedienen.

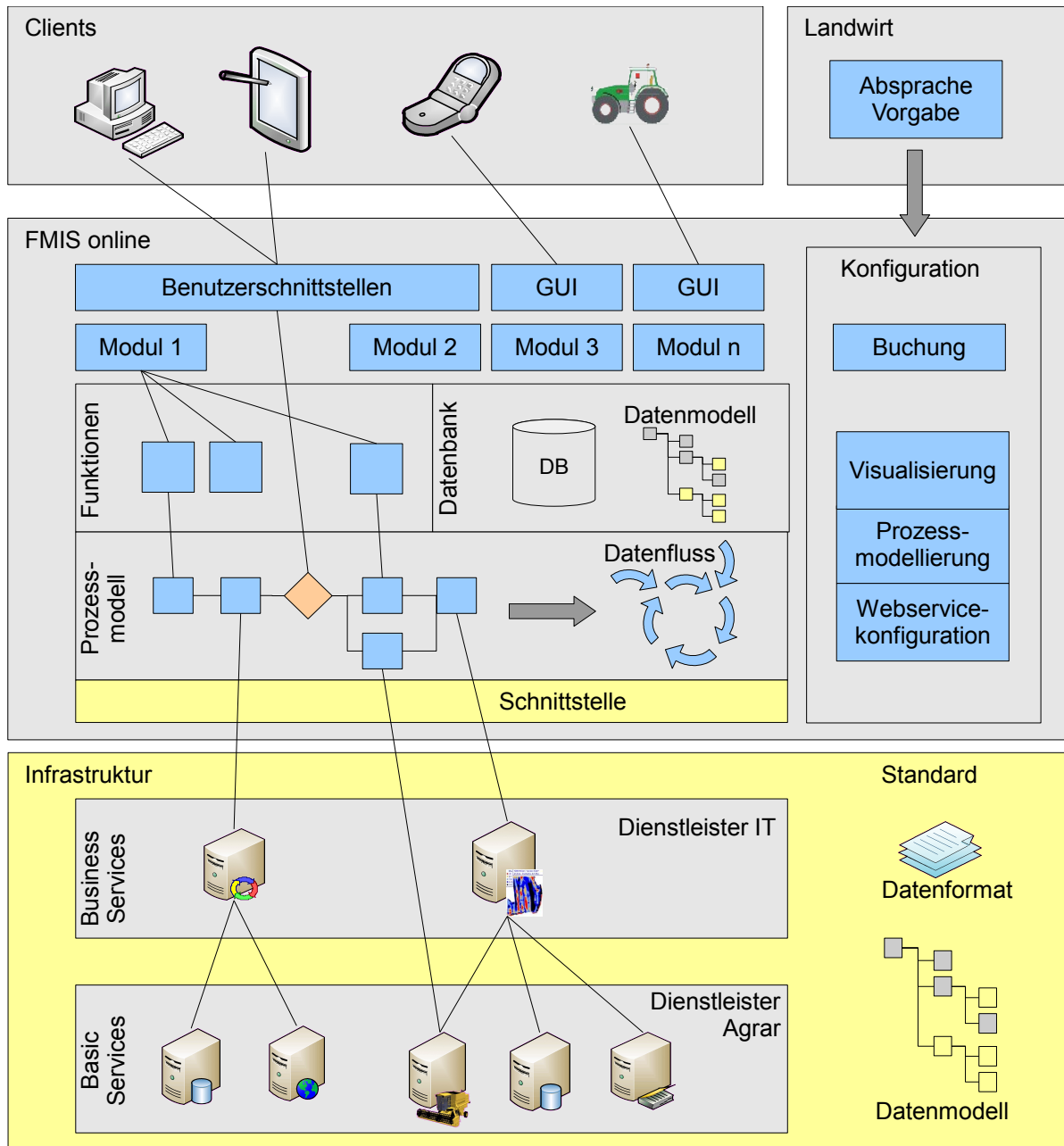


Abbildung 71: Komponenten eines FMIS und Einbindung in eine Service-Infrastruktur (vgl. [WVV-B10])

Wie auch bisherige Software für das Betriebsmanagement, verfügt das System über eine Benutzerschnittstelle. Allerdings werden zukünftige Systeme je nach Funktion Schnittstellen für unterschiedliche Endgeräte zur Verfügung stellen. Dies stellt bereits einen ersten Grund für die Umsetzung als Webanwendung dar, da Schnittstellen für mobile Geräte auf benutzerfreundliche Weise nur serverbasiert über Internet und nur schwer über den lokalen Computer des Landwirts bereitgestellt werden können. Das FMIS verfügt über unterschiedliche Module, wie Auftragsmanagement, Schlagverwaltung, Arbeitstagebuch oder auch Spezialmodule für Precision Farming, die vom Landwirt gebucht werden können. Die Module bestehen aus bestimmten in der Software vorhandenen Funktionen, die mit unter-

schiedlichen Datenausschnitten aus dem Datenmodell arbeiten und ihre Daten in der integrierten Datenbank speichern.

Da gerade die Anpassungsfähigkeit dieser Systeme an die Anforderungen des einzelnen Betriebes eines der am häufigsten genannten Hindernisse ist, werden Businessprozesse in einer eigenen Softwarekomponente dargestellt. Dies ist der Konfigurierbarkeit des Systems für den Einzelbetrieb geschuldet. In der Industrie können Businessprozesse im Entwicklungsprozess modelliert und in der Software fixiert werden, da bereits bei der Entwicklung die genaue Ausgestaltung festgelegt ist. Bei Änderungen ist es Aufgabe einer spezialisierten IT-Abteilung, die Software entsprechend anzupassen. In bisheriger landwirtschaftlicher Software sind diese Prozesse ebenfalls im Code der Software festgelegt. Der Landwirt kauft die Prozessdefinition mit der Software.

Durch die Integration einer eigenen Komponente zur Definition der Prozesse können diese flexibel gestaltet werden. Beispielsweise sind für den Ablauf von der Durchführung der Beprobung bis hin zur Übernahme der Analysewerte in die Datenbank unterschiedliche Wege denkbar. Sie reichen von einer Entnahme der Proben per Hand und dem manuellen Eingeben der Analysewerte in die Software bis hin zur GPS-gestützten Probenahme durch einen Dienstleister und der automatischen Übernahme der Daten in die Software. Durch die Festlegung des Landwirts auf einen Prozess wird definiert, welche internen Funktionen der Software genutzt werden, an welchen Stellen Services angesprochen werden und wo der Eingriff des Benutzers notwendig ist. Auf diese Weise wird über die Definition der Prozesse der endgültige Datenfluss des Systems festgelegt. Über die Realisierbarkeit dieses Ansatzes in der Praxis wird vor allem die Modellierung der möglichen Prozesse und die für die Konfiguration notwendige Visualisierung entscheiden.

Aufgrund der verschiedenen Zusammenhänge unterschiedlicher Konfigurationen, kann dieser Konfigurationsprozess nicht dem Landwirt zugemutet werden, sondern sollte ebenfalls durch einen Dienstleister vorgenommen werden. Hierin ist neben der Möglichkeit einer einfachen Weitergabe der Daten an Dritte ein weiterer Grund für die Implementation des FMIS als Webanwendung zu sehen. Wird die Software auf dem PC des Landwirts betrieben, ist die Konfiguration durch einen Dienstleister schwierig. Handelt es sich aber um eine Software auf einem Server, können die notwendigen Konfigurationen direkt durchgeführt werden. So kann dann auch die Auswahl und Zusammenstellung der Web Services vom Dienstleister übernommen werden. Eine dynamische Kopplung der Services in dieser Umgebung wird als nicht realistisch erachtet.

Auf diese Weise ergeben sich verschiedene Möglichkeiten für die Verteilung der Verantwortung für die Komponenten. Werden Webservices vom Hersteller eines FMIS selbst angeboten, so ist dieser in der Lage durch die Zusammenstellung der Services betriebsindividuell konfigurierte Software bereitzustellen, bei der gleichzeitig große Teile (die Services)

im Haus gewartet werden können. Wird auch das FMIS als webbasierte Anwendung realisiert, so ist auch dafür ein einfacher Wartungsprozess „im Haus“ möglich.

In der Praxis würde also ein Landwirt eine Entscheidung für ein bestimmtes FMIS treffen. Mit einem Dienstleister, der gleichzeitig der Hersteller der Software sein kann, wählt er die für seinen Betrieb notwendigen Module aus. Er kann bestimmte Prozesse als Standard verwenden. Er kann aber auch abweichende Prozesse vorgeben, die dann durch den Dienstleister so konfiguriert werden. Dabei ergibt sich ein Datenfluss entlang automatisierter Abläufe, für die Algorithmen vorhanden sind, und benutzergeführter Prozesse, die nicht von der Software übernommen werden können oder sollen. Der Dienstleister kann bei der Entscheidung für einen Prozess aus den Funktionen der Software oder dem Servicepool wählen; je nach Eignung für den Betrieb. Auch für die Bereitstellung der unterschiedlichen Services sind Dienstleister verantwortlich. Auf diese Weise können die Absprachen für die Zusammenstellung und Anbindung der Services auf der Ebene der Dienstleister geführt werden. Die Notwendigkeit solcher Absprachen auch bei der Existenz von Standards haben die Untersuchungen gezeigt.

Dieser Vorschlag stellt eine Weiterentwicklung der ursprünglichen Lösungsansätze aus 3.1.2 dar. Der favorisierte Ansatz des FMIS, das in eine SOA eingebunden ist, wird mit Vorschlag einer Onlineschlagkartei kombiniert. Ergebnis wäre ein FMIS als Webanwendung, das durch die Einbindung in eine AgSOA betriebsspezifisch anpassbar ist. Ein Hinweis auf diesen Ansatz wurde bereits in 5.1.4 mit den Erweiterungsmöglichkeiten des Prozessdatenportals durch Anbindung externer Webservices gegeben. Zusätzlich werden die theoretischen Freiheitsgrade, die die Architektur erlaubt, durch die Einführung einer Konfigurationskomponente zu Gunsten der Handhabung gebündelt. Ob solche Lösungen, bei denen alle Daten außerhalb des Betriebes gehalten werden, durch die Landwirte angenommen werden, bleibt offen.

Aktuell laufende Forschungsprojekte sind auf der Suche nach tragfähigen Lösungen im Datenmanagement und beschäftigen sich im Speziellen auch mit der Rolle und der zukünftigen Ausprägung des FMIS. In FutureFarm (www.futurefarm.eu) wurden bereits erste Ansätze zur benutzergeführten Konfiguration eines FMIS über Webservices getestet. Im Projekt iGreen (www.iGreen.com) wird mit großen Anstrengungen von Herstellern landwirtschaftlicher Maschinen und Software versucht, komplexe Anwendungsfälle umzusetzen. So wird ein Lohnunternehmer über ein Online-Portal mit der Durchführung einer teilflächenspezifischen Maßnahme beauftragt [SS11]. Die Maßnahme wird ausgeführt und die dabei aufgezeichneten Daten werden dem Landwirt übermittelt. Die Datenflüsse sind automatisiert. Auch diese aktuellen Untersuchungen kommen zu dem Schluss, dass eine Anbindung von Services an das FMIS notwendig sein wird, um die benötigten Datenflüsse in einer vom Landwirt beherrschbaren Umgebung bereitstellen zu können.

5.2.7 Erweiterung des Konzepts auf die Ebene des Gesamtbetriebes

Bei den Untersuchungen wurden die Möglichkeiten dieses Konzepts zum Informationsmanagement vor allem im Bezug auf Precision Farming analysiert. An dieser Stelle gilt es zu hinterfragen, ob diese Erkenntnisse auf den Bereich der gesamten Landwirtschaft zu übertragen sind; im Speziellen gilt dies für die Tierhaltung.

Von einer Übertragbarkeit des Systems von Precision Farming auf den "normalen" Pflanzenbau kann ausgegangen werden. Dieser Ansatz zeichnet sich aus Sicht der Informationstechnik lediglich durch eine geringere Komplexität aus. Die Nutzung der technischen Infrastruktur ist nicht zwingend an die Nutzung der speziellen Services für Precision Farming gebunden. Auswertungen auf Basis ganzer Schläge im Gegensatz zu Teilschlägen können ebenfalls als Services realisiert werden. Die vorgestellten Techniken zur Datenerfassung sind nicht an eine teilflächenspezifische Bewirtschaftung gebunden. Allerdings ist mit einer besseren Informationsgrundlage zu rechnen, wenn entsprechende Techniken für die Datenerfassung zum Einsatz kommen.

Für die Integration der Tierhaltung muss der Standard ISO 17532 (IsoAgriNet) berücksichtigt werden, der die Kommunikation von Prozessrechnern in der Innenwirtschaft definiert [ISO17532]. Der Aufbau eines Netzwerkes zum Datenaustausch wurde in [AS06] skizziert (Abb. 72). In [KHRG09] wird ein solches System für die Schweinehaltung vorgestellt, das auf ISO 17532 basiert und bei dem die Benutzerschnittstelle über eine Webapplikation bzw. einen REST-Service realisiert ist, der auch über mobile Einheiten angesprochen werden kann. Einen Ausblick auf das Potenzial der Datenvernetzung und im Speziellen der Nutzung von Prozessdaten von Prozessrechnern in der Tierhaltung gibt SPRENG (2011) durch Installation und Test einer multisensorischen Kälberaufzuchtanlage [Spr11]. Diese Forschungsinstallation nutzt zwar proprietäre Schnittstellen, zeigt aber über die Beantwortung wissenschaftlicher Fragestellungen hinaus, wie aus Prozessdaten managementrelevante Information gewonnen werden kann und zeigt Wege auf, wie diese Information rückkoppelnd auch zur Steuerung eingesetzt werden kann.

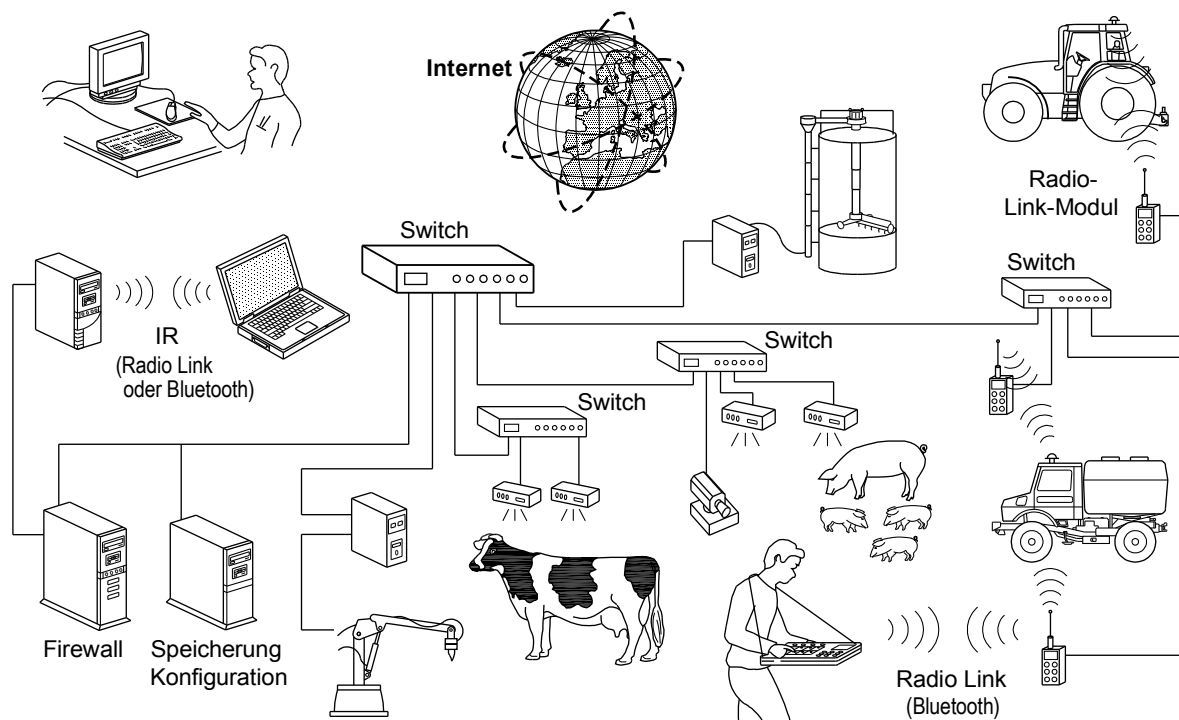


Abbildung 72: Aufbau eines Netzwerks nach ISO 17532 [AS06]

Die grundsätzliche Idee der Nutzung von Services kann auf dieses System übertragen werden, indem einzelne Systemkomponenten als Services realisiert werden. Inwieweit dies mit den bestehenden Datenformaten aus ISO 11787 (ADIS/ADED) möglich ist, gilt es zu prüfen. Allerdings werden bereits Inhalte der Tierhaltung in agroXML eingearbeitet [MSK08]. Tests bestätigen bereits die Realisierbarkeit einiger Anwendungsfälle [MSFK09b]. Es kann also davon ausgegangen werden, dass die Übertragung des Systems auf die Ebene des Gesamtbetriebes möglich ist. Dies gilt auch für den Einsatz und die Rolle des FMIS. Voraussetzung ist allerdings eine Harmonisierung der Standards für den Datenaustausch bzw. die gemeinsame Weiterentwicklung.

Auch für Systeme, die heute nur in der Forschung existieren, ist der Ansatz denkbar. In [BSA08] wurde ein System zur Analyse raumbezogener Verhaltensdaten frei weidender Rinder vorgestellt. Dabei sind die Rinder mit einem Halsband ausgestattet, das per GPS die Position und durch weitere Sensoren Verhaltensdaten der Rinder aufzeichnet. Daraus können Erkenntnisse von Flächen über die Beweidung durch die Tiere gewonnen werden. Auch solche Systeme besitzen das Potenzial einer Integration in die Informationsflüsse eines Betriebes durch Automatisierung und Nutzung standardisierter Schnittstellen. Dieses Beispiel kann auch für eine Erweiterung des Systems über die eigentlichen Grenzen des Agrarsektors herangezogen werden: Sind ausgewählte Daten von öffentlichem Interesse, lassen sich - vorbehaltlich datenschutzrechtlicher Aspekte - solche Systeme durch eine öffentlich zugängliche Komponente erweitern. Solche Services stellen dann über eine Web-

seite beispielsweise die Bewegungsdaten der Rinder zur Verfügung. Damit wären dann absolut gläserne Abläufe durchgehend realisiert.

5.2.8 Weiterentwicklung des Konzepts

Gerade für zukünftige Entwicklungen hat dieses Konzept der Nutzung von Services weitere Potenziale. Bisher wurden Services als IT-basierte Services, die im Grunde Daten verarbeiten, betrachtet. In einer generischen Betrachtungsweise stellen allerdings auch Maschinen selbst Services zur Verfügung; nicht nur in Form eines Datenlieferanten, sondern in Form der Erledigung einer bestimmten Aufgabe. Ein Pflug kann beispielsweise die Aufgabe „Boden wenden“ mit Parametern wie der Arbeitstiefe erledigen. Existiert für den Pflug eine entsprechende Komponente in der informationstechnischen Infrastruktur, kann diese die Leistungen des Pfluges als Service bereitstellen und buchbar machen. Ein Ansatz zur direkten Integration mobiler Arbeitsmaschinen in landwirtschaftliche Geschäftsprozesse wurde in [SCF09] aufgezeigt. Durch diese Möglichkeiten lassen sich mobile Arbeitsmaschinen in Produktionsplanungssysteme integrieren. Da gerade die Komponenten Produktionsplanung, Prozessoptimierung und Performance Management für Betriebe im Agrarsektor noch Entwicklungsbedarf haben [APV06], scheint dies ein weiterer Ansatzpunkt hin zu einer Industrialisierung im Sinne von Professionalisierung zu sein. Ebenfalls in diese Richtung geht ein Vorschlag von SPANGLER (2007) [Spa07]. Hier werden Lösungsansätze zur Prozessoptimierung in Produktionsplanungssystemen mittels Netzwerken autonomer Agenten auf mobile Arbeitsmaschinen übertragen.

Diese Ansätze stellen damit auf informatorisch-organisatorischer Seite die notwendigen Methoden für die Weiterentwicklung mobiler Arbeitsmaschinen der heutigen Form hin zu autonomen Feldrobotern dar.

5.2.9 Fazit

In der vorliegenden Arbeit werden Methoden zur Integration von Prozessdaten in ein Informationssystem Precision Farming untersucht. An diesem Anwendungsfall wird die Erschließung einer Datenquelle mit den Mitteln der Informationstechnik gezeigt und gleichzeitig ein Weg zur Integration in betriebliche Informationsflüsse getestet.

Dieser Anwendungsfall kann nicht isoliert betrachtet werden, da die Ausgestaltung des Systems, in das die Information integriert werden muss, eine entscheidende Rolle spielt. Für ein solches System wird eine Infrastruktur vorgeschlagen. Durch den Anwendungsfall wird getestet, ob die Anforderungen, die an das System gestellt werden, erfüllt werden können.

Die entwickelten und getesteten Methoden können als Gerüst für den Aufbau einer solchen Infrastruktur gesehen werden, bedürfen aber für eine konkrete Umsetzung in der Praxis weiterer Entwicklung. Die Diskussion unterschiedlicher Aspekte des Prozessdatenservice

und der daraus gewonnenen Schlüsse auf das Infrastrukturkonzept geben Hinweise für die weitere Entwicklung.

Dadurch können sich Landwirte auf die managementrelevanten Aufgaben konzentrieren und den Bereich der Datenverarbeitung an Dienstleister übergeben. Trotzdem wird eine Zunahme der Informationsintensität von den Landwirten mehr Wissen in diesem Bereich verlangen, so dass ein grundlegendes Verständnis über die Zusammenhänge und Möglichkeiten der Informationstechnik künftig eine Schlüsselfähigkeit für die Betriebsleiter sein wird.

Mit Entwicklungen in Richtung der vorgeschlagenen IT-Systeme lassen sich die Fortschritte der ICT auch für die Landwirtschaft nutzen. Dieser Trend wird sich fortsetzen, so dass sich zahlreiche der hier bereits angesprochenen und auch weiterer, bisher nicht vorhersehbarer Vorteile für Betriebe bieten werden. Die Fähigkeit diese zu nutzen wird ein Merkmal der Zukunftsbetriebe sein.

Bei diesem Entwicklungsprozess ist die Einigung auf eine gemeinsame Infrastruktur auf internationaler Basis von entscheidender Bedeutung. Diese stellt einen gemeinsamen Kristallisationspunkt für die unterschiedlichen existierenden Techniken, Softwaretools, Ideen, Methoden und Entwicklungen dar und schafft so die notwendigen Strukturen für eine Verbreitung von Precision Farming. Die Überführung der heutigen Normungsansätze in eine ISO-Norm kann der Schlüssel dazu sein. Die Entwicklung von Applikationen begleitend zur Standardisierung in einem Ansatz des Living-Lab [VWB09] kann ein zielgerichtetes Vorgehen in diesem Standardisierungsprozess unterstützen und eventuell auch beschleunigen.

Dieser Ansatz einer Service Orientierten Architektur für die Landwirtschaft unterscheidet sich in gewisser Weise von dem in großen Unternehmen verwendeten Begriff, vor allem durch die Ausdehnung der Services über eine ganze Branche hinweg. In Unternehmen bedarf es deshalb nicht der Standardisierung der Datenformate über das Unternehmen hinaus. Eine Umsetzung ist so schneller und einfacher möglich. Da der größte Teil der landwirtschaftlichen Unternehmen zu klein ist, um solche Strukturen einzuführen, ist die Standardisierung und Einigung auf gemeinsame Strukturen eine Voraussetzung, um die Vorteile, wie sie in der Industrie realisiert werden, nutzen zu können.

Ein Kritikpunkt, der gegen die Verteilung von Funktionen und Daten angeführt wird, ist die Preisgabe sensibler Daten des Betriebes, wenn diese auf Servern im Internet gespeichert werden. Die Möglichkeit eines Datenmissbrauchs ist nicht von der Hand zu weisen. Allerdings weisen die Anwendungen der Sozialen Netzwerke hier zumindest für den privaten Bereich eine andere Tendenz aus. Zu welchen Anteilen die gesteigerte Bereitschaft zur Preisgabe persönlicher Information aus einer gestiegenen Akzeptanz durch den gebotenen Nutzen oder aus einem verringerten Problembewusstsein stammt, lässt sich schwer sagen. Allerdings setzt sich dieser Trend auch in Unternehmen fort. Durch die Idee des Cloud Computing lösen sich herkömmliche IT-Strukturen in Unternehmen auf. Auch hier wird das

Speichern sensibler Daten auf fremden Servern in Kauf genommen, um die Vorteile, die sich dadurch realisieren lassen, zu nutzen. Diese werden vorwiegend in der Einsparung von Kosten und einer Erhöhung der Effektivität der IT-Ressourcen gesehen, da hier Ressourcen je nach Bedarf und Zeit gebucht werden können. Letztendlich kann man deshalb davon ausgehen, dass auch Landwirte bereit sein werden, ihre Daten auf fremden Servern zu speichern. Voraussetzung dafür werden einerseits Maßnahmen auf Seite der Serviceanbieter sein, die dem Landwirt Sicherheit garantieren und ihm die Kontrolle über seine Daten geben. Andererseits muss der spezifische Nutzen der Services die Bedenken überwiegen.

Die größte Herausforderung bleibt das offene System der landwirtschaftlichen Produktion, das von jedem Betriebsleiter individuell interpretiert wird, während die technische Infrastruktur über die Betriebsgrenzen hinweg aufgebaut werden soll. Der vorgeschlagene Struktur für ein FMIS berücksichtigt dies und könnte als Ausgangspunkt für weitere Untersuchungen verwendet werden.

6 ZUSAMMENFASSUNG

Für landwirtschaftliche Betriebe führen veränderte Organisationsformen, neue Maschinen und Prozesse, aber auch Forderungen von Gesellschaft und Politik zu einem beschleunigten Wandel und damit zu einem zunehmend komplexen Betriebsmanagement. Eine wissensbasierte Landwirtschaft wird als Zukunftsmodell gesehen, um diesen Herausforderungen zu begegnen. Die Informations- und Kommunikationstechnik (ICT) spielt dabei eine Schlüsselrolle für die Realisierung durchgehender Informationsströme.

Für den Pflanzenbau stellt Precision Farming ein zukunftsgerichtetes Modell dar, bei dem Ortungs- und Kommunikationssysteme eine Schlüsselfunktion darstellen. Dennoch stoßen diese Systeme an Grenzen. Zahlreiche Quellen berichten von Hemmnissen in der Umsetzung. Ein großer Teil dieser Begrenzungen ist im Umfeld der ICT begründet.

Deshalb wurde als Ziel für diese Arbeit die Konzeption eines Informationssystems für Precision Farming definiert, das Prozessdaten von Arbeitsmaschinen als wichtige Datenquelle in besonderem Maße berücksichtigt und in die Informationsflüsse integriert.

Zur Identifikation von Lösungsansätzen wurde nicht nur der aktuelle Stand des Wissens der Nutzung der ICT in der Landwirtschaft, sondern auch in anderen Wirtschaftsbereichen beleuchtet.

Darauf aufbauend wurde in einem methodischen Ansatz zunächst ein Modell für das Informationsmanagement im Pflanzenbau entwickelt. Zentraler Ansatz dabei ist der Aufbau einer Service Orientierten Architektur. Das Farm Management- und Informationssystem (FMIS) wird darin eingebunden und erlaubt dem Landwirt so den Zugriff auf Daten und die Steuerung von Funktionen, die in dieser Umgebung an standardisierten Schnittstellen verfügbar sind.

Analog dazu wird die Bereitstellung von Prozessdaten als Service konzipiert. Basierend auf Vorarbeiten zur Automatischen Prozessdatenerfassung und -verarbeitung wird ein Automatischer Prozessdatenservice (APDS) definiert. In einem Modell werden Komponenten und Datenflüsse festgelegt. Ausgehend von der Datenerfassung sollen die Daten an einer standardisierten Schnittstelle übergeben und vom Prozessdatenservice verarbeitet werden. Die analysierten Daten sollen dann ebenfalls an einer standardisierten Schnittstelle zur Nutzung für den Landwirt bereitgestellt werden.

Nach diesen Vorgaben wurde ein Prozessdatenservice implementiert und mit Daten aus den Forschungsprojekten preagro und IKB getestet. Die Datenerfassung auf mobilen Arbeitsmaschinen erfolgte über ISOBUS, einem standardisierten Kommunikations-BUS auf landwirtschaftlichen Arbeitsmaschinen (ISO 11783). Darin sind die Zugriffsmechanismen auf die Daten der Maschinen und auch das Datenformat festgeschrieben.

Der entwickelte Prozessdatenservice integriert diese Daten in eine Datenbank. Mit Hilfe von Algorithmen, die innerhalb der Datenbank ablaufen, werden die unstrukturierten Daten

in pflanzenbauliche Maßnahmen transformiert. Entscheidendes Moment dabei sind diskrete Ereignisse, die unterschiedliche Arbeitsprozesse kennzeichnen und die durch Definitionen in den Algorithmen aus den Daten gefiltert werden. Diese aggregierten Daten werden dem Nutzer auf zwei unterschiedliche Weisen zur Verfügung gestellt.

Als erste Schnittstelle dient eine Webseite, auf der der Benutzer Zugriff auf die ausgewerteten Daten hat. Dies geschieht zunächst in tabellarischer Form durch die Anzeige der Maßnahmen mit verschiedenen Kenngrößen. Zur Darstellung geographischer Information wurden Schnittstellen für ein WebGIS und Google Earth eingerichtet. Über den Download der Daten in einer agroXML-Datei stehen dem Nutzer Möglichkeiten zur weiteren Verwendung der Daten in einem standardisierten Datenformat zur Verfügung.

Als zweite Schnittstelle wurde ein Webservice eingerichtet, der die Daten des Prozessdienstes in der Service Orientierten Architektur bereitstellt. In verschiedenen Anwendungsfällen wurde die Schnittstelle getestet. So wurden Daten von einer Schlagkartei automatisiert ausgelesen und als Buchungsvorschläge für das Arbeitstagebuch genutzt. Eine auf weiteren Services basierende Webanwendung nutzt die Daten, um für Pflanzenschutzmaßnahmen die Einhaltung der notwendigen Abstände zu Gewässern zu überprüfen. Zusätzlich werden die Daten in eine Webanwendung zur Rückverfolgbarkeit von Produkten eingebunden, die ebenfalls auf der Nutzung von Webservices basiert.

Die Erkenntnisse aus Implementation und Test lassen den Ansatz der Verarbeitung von Prozessdaten als Service als einen geeigneten Lösungsansatz erscheinen, um dem Landwirt diese komplexe Aufgabe abzunehmen und in den Verantwortungsbereich eines Dienstleisters zu übertragen. Ein zentrales Element dieses Vorgehens sind standardisierte Schnittstellen. So ist ISOBUS für die Erfassung und Weitergabe der Prozessdaten Stand der Technik. Sollen die Daten als Informationsgrundlage für Precision Farming dienen, müssen vor allem die Erfassungsmethoden darauf abgestimmt werden. Bei der automatisierten Datenanalyse zeigen die entwickelten, ablaufbasierten Algorithmen neue und robuste Ansätze, die es weiterzuentwickeln gilt. Die Datenbereitstellung an einer standardisierten Schnittstelle ist ebenfalls Teil dieses Konzepts. Allerdings erwies sich beim Versuch, agroXML als Dateiformat für den Webservice zu verwenden, die enorme Komplexität dieser Datenstruktur als hinderlich. Bei den eingesetzten Webservices konnte lediglich ein vereinfachtes Datenformat verwendet werden. Dennoch zeigen die Versuche mit der automatisierten Schnittstelle das Potenzial des Serviceorientierten Ansatzes.

Dieser lässt sich auch auf das Gesamtkonzept für das Informationsmanagement übertragen. Durch die Nutzung standardisierter und automatisierbarer Schnittstellen lassen sich komplexe Teilbereiche der für einen Betrieb notwendigen technischen Infrastruktur auslagern. Nicht nur der Bereich der Prozessdaten lässt sich so als wertvolle Informationsquelle für das Betriebsmanagement integrieren, sondern auch Informationen aus Witterungsda-

ten, Prognosemodellen oder Expertensystemen. Letztlich lässt sich so der Datenfluss parallel zu Geschäftsprozessen und Betriebsabläufen automatisieren.

Für die Umsetzung des Systems kann derzeit kein technischer Ansatz empfohlen werden. Untersuchungen mit Webservices nach dem Prinzip des Representational State Transfer (REST) oder der Verwendung des Konzepts des Enterprise Service Bus wären notwendig. Allen Ansätzen gemeinsam ist die tragende Rolle des FMIS als zentrale Komponente für die Steuerung der Abläufe und als Schnittstelle für den Benutzer. Die betriebsspezifische Konfiguration wird an Bedeutung gewinnen. Hierzu werden Vorschläge zur Umsetzung vorgestellt.

Unter Berücksichtigung bestehender Standards in der Innenwirtschaft scheint sich das Konzept auch auf die Ebene des Gesamtbetriebes übertragen zu lassen. Werden in Zukunft Maschinen als eigene Serviceprovider in dieses System eingebunden, ist ein weiterer organisatorisch-technischer Schritt hin zur Automatisierung von Arbeiten erreicht.

7 SUMMARY

Changing organizational aspects, new machines and processes and demands by society and politics lead to accelerated changes for farms. This is resulting in an increasingly complex farm management. To face this challenges a knowledge based agriculture is seen as a model for the future. The information and communication technologies (ICT) play a key role in realizing continuous information flows.

Precision Farming is a model for future plant production with positioning and communication technologies playing an important role. But these systems are reaching their limits. Numerous authors report of constraints in implementation. A big part of these constraints has its origin in the field of the ICT.

Process data of agricultural machinery are regarded as an important data source. The integration of these data in an information system for precision farming is the objective of this work. This should lead to more knowledge how to implement such a system.

Trying to identify solutions for such a system, an analysis of the state of the art using ICT in agriculture and other industrial domains is done.

This was the basis for an approach to a model for information management in plant production. Central idea is the implementation of a Service Oriented Architecture. The Farm Management and Information Management Software (FMIS) is linked in this architecture and so, the farmer has access to data and functions published with standardized interfaces in this environment.

In consequence analysis and sharing of process data is seen as a service. An automated process data service (APDS) is based on research results for automated process data acquisition and analysis. The necessary components and data flows are integrated in a model. Starting with data acquisition, data are transferred via a standardized interface to the process data service for analysis and storage. Using another standardized interface, data are supplied for further use to the farmer.

This concept was the basis for the implementation of a process data service, that was tested with data of the research projects preagro and IKB. Mobile data acquisition was done using ISOBUS, which is a standardized communication system for agricultural machines (ISO 11783) and defines methods for addressing data and a data format.

The process data service integrates these data in a data base. Using specially designed algorithms, data are transformed from initially unstructured information to operations directly in the data base. Key of the analysis functions are discreet events, that are part of different work processes and can be used to filter the data. The aggregated raw data are made available to the user via two different mechanisms.

First interface is a web site presenting the analyzed data to the user in tables showing the tasks and additional key figures. For presentation of site specific information there are additional interfaces for a web based GIS and for Google Earth. Data can be downloaded in the standardized format of agroXML for further use.

The second interface is a web service delivering the data via the Service Oriented Architecture. Different use cases were available to test the proposed solution. As one example task data were retrieved by a FMIS and were used as records for the integrated journal of work processes. In addition, a web application is using data and combines them with data from some more web services to check if task data are in line with environmental requirements for pesticide application. In another case data are integrated in a web application for traceability of products.

Findings of implementation and test seem to prove the concept of analyzing process data as a service. It offers the opportunity to transfer this complex task of data processing from the farmer to a service provider. Standardized interfaces are a key enabler for this concept. ISOBUS is state of the art for data acquisition and for transfer of data to the farm management. If these data should be used as information base for precision farming, an adoption of acquisition methods is necessary. Regarding data analysis new and robust solutions were found with event based analysis algorithms. It is part of the concept to make the data then available using another standardized interface. Trying to implement this interface using web service problems encountered regarding the complexity of agroXML, which should be used as data transfer format. Realization of data transfer was only possible with a simplified data transfer format. However, the potential of the service oriented concept could be shown by testing this automated interface for data transfer.

This design pattern can be transferred to the whole concept for information management. Using standardized and automated interfaces outsourcing of complex parts of the technical infrastructure necessary for a farm is possible. This is a way of integrating different components or subsystems in farm management like weather information, forecasting models, expert systems as well as process data. It allows to design data flows parallel to business processes and operations.

There are still different opportunities for the technical implementation of the system. To identify the suitable solution, further investigations will be necessary. Web services using Representational State Transfer (REST) or the concept of an Enterprise Service Bus (ESB) should be tested with a set of use cases. Common sense of all models is the necessity of the FMIS as a central component to control the processes and as interface for the user. Configuration to the specific needs of the farms is still a challenge where some suggestions were addressed to.

The concept seems to be suitable to be transferred from plant production to the whole farm, but existing standards in livestock farming have to be considered. By enabling agri-

cultural machines to act as service providers on their own in this system in the future, an important step towards an automation of farm operations is done in an organizational and technical point of view.

LITERATURVERZEICHNIS

- 1 [APV06] ABT, V., PERRIER, E., VIGIER, F., 2006: Towards an Integration of Farm Enterprise Information System: A first Analysis of the Contribution of ERP Systems to Software Function Requirements. In: Proceedings of Computers in Agriculture and Natural Resources, 4th World Congress Conference in Orlando, 24-26 July, pp. 469-474.
- 2 [AVPBD05] ABT, V., VIGIER, F., PIERREVAL, H., BIGEON, J.-B., DURAND, C., 2005: Using Enterprise Modelling Methodologies for Modelling Agricultural Activities and Identifying Information Requirements. A Case Study of a Livestock Farm. In: Proceedings of EFITA/WCCA Joint Congress on IT in Agriculture, 25-28 July 2005, Villa Real, Portugal, pp. 33-38.
- 3 [AW08] AMAZONEN-WERKE, 2008: Automatisches Schlagbezogenes Dokumentationssystem. Internet: <http://info.amazone.de/DisplayInfo.aspx?id=3233>, Zugriff: 13.12.2008.
- 4 [Aue83] AUERNHAMMER, H., 1983: Die elektronische Schnittstelle Schlepper - Gerät. In: Landwirtschaftliches BUS-System - LBS. KTBL-Arbeitspapier 196.
- 5 [Aue89] AUERNHAMMER, H., 1989: Das Landtechnik-BUS-System für die mobile Prozeßtechnik (DIN 9684). In: Referate der 10. GIL-Tagung in Karlsruhe 1989, S. 1-9.
- 6 [Aue99] AUERNHAMMER, H., 1999: Precision Farming for the Site-Specific Fertilisation. Zeitschrift für Agrarinformatik 3, S. 58-66.
- 7 [Aue00a] AUERNHAMMER, H., 2000: Elektronikeinsatz zur Verbesserung der landwirtschaftlichen Produktion und des Managements in der Pflanzenproduktion. In: Elektronikeinsatz in der Landwirtschaft, KTBL-Schrift 390, S. 51-58.
- 8 [Aue00b] AUERNHAMMER, H., 2000: Das landwirtschaftliche BUS-System LBS und die Satellitenortung GPS als Schlüsseltechnologien für die Prozesssteuerung im Pflanzenbau. In: Referate der 21. GIL-Jahrestagung in Freising-Weihenstephan 2000 (Band 13), S. 6-9.
- 9 [Aue00c] AUERNHAMMER, H., 2000: IT in der Landwirtschaft von morgen - Visionen und erwartete Realitäten. In: Referate der 21. GIL-Jahrestagung in Freising-Weihenstephan 2000 (Band 13), S. 10-14.
- 10 [Aue02a] AUERNHAMMER, H., 2002: The role of mechatronics in product traceability. In: Club of Bologna, The 13th Members' Meeting, pp. 61-67.
- 11 [Aue02b] AUERNHAMMER, H., 2002: Potenziale der automatischen Datenerfassung im landwirtschaftlichen Betrieb. In: Mit mehr Wissen Land bewirtschaften, Tagung "Landtechnik für Profis" in Magdeburg, S. 31-45.
- 12 [Aue02c] AUERNHAMMER, H., 2002: The Role of Mechatronics in Crop Product Traceability. CIGR-Ejournal IV, pp. 547-568.

- 13 [Aue04] AUERNHAMMER, H., 2004: Zur Bedeutung der Dokumentation im landwirtschaftlichen Betrieb. In: 14. Arbeitswissenschaftliches Seminar, VDI-MEG-Arbeitskreis Arbeitswissenschaften im Landbau, FAT-Schriftenreihe Nr. 62, S. 95-104.
- 14 [ADS00] AUERNHAMMER, H., DEMMEL, M., SPANGLER, A., 2000: Automatic process data acquisition with GPS and LBS. In: AgEng Warwick, Paper Number 00-IT-005.
- 15 [ADSE02] AUERNHAMMER, H., DEMMEL, M., SPANGLER, A., EHRL, M., 2002: Die elektronische GeräteKennkarte IMI. Landtechnik 1, S. 40-41.
- 16 [AOR98] AUERNHAMMER, H., OSTERMEIER, R., ROTTMEIER, J., 1998: Patent DE19804740C2: Speichereinrichtung für Identifikationsdaten. Angemeldet am 06.02.1998, veröffentlicht am 24.12.2003, Anmelder: Rottmeier, J., Erfinder: Auernhammer, H., Osteremeier, R., Rottmeier, J.
- 17 [AR04] AUERNHAMMER, H., ROTHMUND, M., 2004: Automated Process Data Acquisition within standardized Communication Systems and its Practical Applications. In: Olympics of Agricultural Engineering, 2004 CIGR International Conference (CD-ROM), pp. 1-9.
- 18 [AS99] AUERNHAMMER, H., SCHUELLER, J. K., 1999: Precision Farming. In: CIGR Handbook of Agricultural Engineering, Vol. III: Plant Production, pp. 598-616.
- 19 [AS06] AUERNHAMMER, H., SPECKMANN, H., 2006: Dedicated Communication Systems and Standards for Agricultural Applications. In: CIGR Handbook of Agricultural Engineering, Vol. VI: Information Technology, pp. 435-452.
- 20 [Aug98] AUGSBURGER, C., 1998: Quantifizierung ökonomischer Vorteile von Management-Informationssystemen (MIS). Diplomarbeit: Technische Universität München, Professur für Unternehmensforschung und Informationsmanagement, Weihenstephan.
- 21 [Aug01] AUGSBURGER, C., 2001: Konzept und Realisation einer Schnittstelle für die automatische Integration von mobilen Prozesstechnikdaten in einer Leistungs-Kostenrechnung. In: Referate der 22. GIL-Jahrestagung in Rostock 2001 (Band 14), S. 5-8.
- 22 [BA05] BACHMAIER, M., AUERNHAMMER, H., 2005: Yield mapping based on robust fitting paraboloid cones in butterfly and elliptic neighbourhoods. In: Precision Agriculture 05. Proceedings of the ECPA Conference 2005 in Uppsala, Sweden, pp. 741-750.
- 23 [Ban04] BANGE, C., 2004: Von ETL zur Datenintegration. IT Fokus 3/4, S. 12-16.
- 24 [Bet05] BETZ, D., 2005: Entwicklung eines systemunabhängigen Datenaustauschformats für automatisch erfasste landwirtschaftliche Prozessdaten. Diplomarbeit: Technische Universität München, Fachgebiet Technik im Pflanzenbau, Weihenstephan.

- 25 [BKM07] BIANCO, P., KOTERMANSKI, R., MERSON, P., 2007: Evaluating a Service-Oriented Architecture. Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University.
<http://www.sei.cmu.edu/pub/documents/07.reports/07tr015.pdf>, Zugriff: 24.12.2008.
- 26 [BM99] BLACKMORE, B. S., MOORE, M., 1999: Remedial correction of yield map data. *Precision Agriculture* 1, pp. 53 - 66.
- 27 [BSA08] BRAUNREITER, C., STEINBERGER, G., AUERNHAMMER, H., 2008: Analyse von raumbezogenen Verhaltensdaten frei weidender Rinder. *Landtechnik* 1, S. 36-37.
- 28 [Cha06] CHAMONI, P., 2006: Analytische Informationssysteme. Berlin: Springer.
- 29 [Cla03] CLASEN, M., 2003: Steuert SAP demnächst auch die Agrarwirtschaft. *Zeitschrift für Agrarinformatik* 3, S. 38-42.
- 30 [CGMR06] CROS, M.-J., GARCIA, F., MARTIN-CLOUAIRE, R., RELLIER, J.-P., 2006: Modelling and Simulation. In: *CIGR Handbook of Agricultural Engineering*, Vol. VI: Information Technology, pp. 109-124.
- 31 [Dem00] DEMMEL, M., 2000: Automatisierte Prozessdatenerfassung. In: *Elektronikeinsatz in der Landwirtschaft*, KTBL-Schrift 390, S. 78-84.
- 32 [DERS02] DEMMEL, M., EHRL, M., ROTHMUND, M., SPANGLER, A., 2002: Automated Process Data Acquisition with GPS and Standardized Communication - The Basis for Agricultural Production Traceability. In: *CIGR XVth World Congress / ASAE Annual International Meeting*, Chicago, Paper No. 023013, pp. 1-10.
- 33 [DRSA01] DEMMEL, M., ROTHMUND, M., SPANGLER, A., AUERNHAMMER, H., 2001: Algorithms for a data analysis and first results of automatic data acquisition with GPS and LBS on tractor implement combinations. In: *Proceedings of the Third European Conference on Precision Agriculture*, Montpellier, pp. 13-18.
- 34 [DRA98] DEMMEL, M., ROTTMEIER, J., AUERNHAMMER, H., 1998: Georeferenced data collection and yield measurement on a self propelled six row sugar beet harvester. In: *ASAE Annual International Meeting*, St. Joseph, Paper No. 98 3103.
- 35 [DM88] DEVLIN, B., MURPHY, P., 1988: An architecture for a business and information system. *IBM systems journal* 27, pp. 60-80.
- 36 [DIN9684] DIN, 1989: DIN 9684: Landmaschinen und Traktoren - Schnittstellen zur Signalübertragung. Berlin: Beuth-Vertrieb.
- 37 [DLG08] DLG, 2008: Agrarsoftware-Verzeichnis. <http://www.dlg.org/de/landwirtschaft/agrarsoftwarenet/index.html>, Zugriff: 2008.12.13.
- 38 [DK04] DOLUSCHITZ, R., KUNISCH, M., 2004: agroXML - ein standardisiertes Datenformat für den Informationsfluss entlang der Produktions- und Lieferkette. *Zeitschrift für Agrarinformatik* 4, S. 65-67.

-
- 39 [Don04] DONAUBAUER, A., 2004: Interoperable Nutzung verteilter Geodatenbanken mittels standardisierter Geo Web Services. Dissertation: Technische Universität München, Fachgebiet Geoinformationssysteme.
- 40 [DSS08] DONAUBAUER, A., STRAUB, F., STAHL, J., 2008: Service Orientierte Architektur für das Prozessdatenmanagement zur Unterstützung einer freiwilligen Selbstkontrolle im Pflanzenschutz. eZAI 3, S. 1-11.
- 41 [DJMZ05] DOSTAL, W., JECKLE, M., MELZER, I., ZENGLER, B., 2005: Service-orientierte Architekturen mit Web Services. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- 42 [EA06] EHRL, M., AUERNHAMMER, H., 2006: X-by-Wire via ISOBUS Communication Network. In: Automation Technology for Off-Road Equipment, Proceedings of the 1-2 September 2006 Conference, Bonn, pp. 277-236.
- 43 [Erl05] ERL, T., 2005: Service-oriented architecture: concepts, technology, and design. Upper Saddle River: Prentice Hall.
- 44 [EKS01] ESTER, M., KRIEGEL, H.-P., SANDER, J., 2001: Algorithms and Applications for Spatial Data Mining. In: Geographic Data Mining and Knowledge Discovery, Research Monographs in GIS, London: Taylor and Francis.
- 45 [EU02] EU, 2002: Verordnung (EG) Nr. 178/2002 des europäischen Parlaments und Rates vom 28. Januar 2002 zur Festlegung der allgemeinen Grundsätze und Anforderungen des Lebensmittelrechts, zur Errichtung der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit und zur Festlegung von Verfahren zur Lebensmittelsicherheit.
- 46 [Fie00] FIELDING, R., 2000: Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures. Phdthesis: University of California, Irvine.
- 47 [Fri06] FRIEDRICH, C., 2006: Vergleich von im Markt befindlichen automatischen Dokumentationssystemen für Traktoren (John Deere FieldDoc und Fendt MoDaSys). Seminararbeit: Technische Universität München, Lehrstuhl für Landtechnik, Weihenstephan.
- 48 [Fro01] FRÖHLICH, G., 2001: Modellierung, Realisierung und Validierung eines offenen Managementsystems für agrarmeteorologische Messdaten. Dissertation: Technische Universität München, Lehrstuhl für Landtechnik, Weihenstephan.
- 49 [GV09] GELB, E., VOET, H., 2009: ICT adoption trends in agriculture: a summary of the EFITA ICT adoption questionnaires (1999-2007). In: EFITA conference '09. Proceedings of the 7th EFITA Conference, Wageningen, The Netherlands, 6-8 July 2009, pp. 901-909.
- 50 [GK03] GNIP, R., KAFKA, S., 2003: Using technologie of data collection and data processing in precision farming. Agric. Econ. - Czech, pp. 419-426.

- 51 [GHB96] GOENSE, D., HOFSTEE, J. W., VAN BERGEIJK, J., 1996: An information model to describe systems for spatially variable field operations. *Computers and Electronics in Agriculture* 14, pp. 197-214.
- 52 [GTL05] GOENSE, D., THELEN, J., LANGENDOEN, K., 2005: Wireless sensors networks for precise Phytophthora decision. In: *Precision Agriculture '05*. Wageningen: Wageningen Academic Publishers, pp. 573-580.
- 53 [Gra05] GRANDL, L., 2005: Entwicklung und Untersuchung einer elektronischen Lenkregelung als Grundlage für Steer-by-Wire nach ISO 11783. Diplomarbeit: Technische Universität München, Fachgebiet Technik im Pflanzenbau, Weihenstephan.
- 54 [GLLPP04] GRIFFIN, T. W., LOWENBERG-DEBOER, J., LAMBERT, D. M., PEONE, J., PAYNE, T., DABERKOW, S. G., 2004: Adoption, Profitability, and Making Better Use of Precision Farming Data. Staff Paper ID04-06. Department of Agricultural Economics, Purdue University., pp. 1-20.
- 55 [HPN06] HAAPALA, H., PESONEN, L., NURKKA, P., 2006: Usability as a challenge in precision agriculture - case study : an ISOBUS VT.. *CIGR Ejournal VIII*, pp. 1-9.
- 56 [Hac07] HACKFORT, A., 2007: Untersuchung von RFID-Systemen zur Erweiterung der automatischen Prozessdatenerfassung. Diplomarbeit: Technische Universität München, Fachgebiet Technik im Pflanzenbau, Weihenstephan.
- 57 [HB11] HEIZINGER, V., BERNHARDT, H., 2011: Algorithmische Effizienzanalyse von Ernteprozessketten. In: 17. Arbeitswissenschaftliches Kolloquium des VDI-MEG-Fachausschuss Arbeitswissenschaften im Landbau am 14. und 15. März 2011 in Weihenstephan, S. 49-54.
- 58 [HGRJ07] HERD, D., GALLMANN, E., RÖSSLER, B., JUNGBLUTH, T., 2007: Rückverfolgbarkeit in der Schweinehaltung. *Landtechnik* 6, S. 410-411.
- 59 [Hol06] HOLTMANN, W., 2006: Einsatzüberwachung Forsy: Aufmerksam und unbestechlich. *Profi, Magazin für Agrartechnik* 12, S. 86-88.
- 60 [In92] INMON, W., 1992: *Building the Data Warehouse*. New York. John Wiley & Sons.
- 61 [ISO11788-1] ISO, 1997: ISO 11788-1:1997 Electronic data interchange between information systems in agriculture - Agricultural data element dictionary - Part 1: General description. Geneve.
- 62 [ISO11783] ISO, 2002: ISO 11783: Tractors and machinery for agriculture and forestry - Serial control and communication data network. Geneve.
- 63 [ISO11783-6] ISO, 2004: ISO 11783-6:2004. Tractors and machinery for agriculture and forestry - Serial control and communication data network, Part 6: Virtual terminal. Geneve.
- 64 [ISO11783-11] ISO, 2007: ISO 11783-11:2007. Tractors and machinery for agriculture and forestry - Serial control and communication data network, Part 11: Mobile data element dictionary. Geneve.

-
- 65 [ISO11787] ISO, 2007: ISO 11787:2007 Machinery for agriculture and forestry -- Data interchange between management computer and process computers -- Data interchange syntax. Geneve.
- 66 [ISO17532] ISO, 2007: ISO 17532:2007. Stationary equipment for agriculture -- Data communications network for livestock farming. Geneve.
- 67 [ISO11783-10] ISO, 2009: ISO 11783-10:2009(E). Tractors and machinery for agriculture and forestry - Serial control and communication data network, Part 10: Task controller and management information system data interchange. Geneve.
- 68 [KMU06] KEMPER, H., MEHANNA, W., UNGER, C., 2006: Business intelligence Grundlagen und praktische Anwendungen; eine Einführung in die IT-basierte Managementunterstützung. Wiesbaden: Vieweg und Teubner.
- 69 [Kit08] KITCHEN, N., 2008: Emerging technologies for real-time and integrated agriculture decisions. Computers and Electronics in Agriculture 61, pp. 1-3.
- 70 [KSFW02] KITCHEN, N., SNYDER, C., FRANZEN, D., WIEBOLD, W., 2002: Educational need of precision agriculture. Precision Agriculture 3, pp. 341-351.
- 71 [KH08] KLÖBLE, U., HÜTER, J., 2008: Förderung der Kenntnisse über Precision Farming in der Praxis durch Transfer und Bildung. In: Informationsgeleitete Pflanzenproduktion mit Precision Farming als zentrale inhaltliche und technische Voraussetzung für eine nachhaltige Entwicklung der landwirtschaftlichen Landnutzung - preagro II, Abschlussbericht.
- 72 [Kor71] KOREIMANN, D. S., 1971: Methoden und Organisation von Management-Informationssystemen. Berlin: Gruyter.
- 73 [Krc05] KRCMAR, H., 2005: Informationsmanagement. Berlin: Heidelberg.
- 74 [Krc07] KRCMAR, H., 2007: Business Intelligence I. In: Vorlesungsunterlagen "Informationswirtschaft" 2007, Technische Universität München, Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik.
- 75 [KS02] KREUDER, A. C., SCHIEFER, G., 2002: Portale als Informationsmittler in der Agrar-und Ernährungswirtschaft. In: Referate der 23. GIL-Jahrestagung in Dresden 2002 (Band 15), S. 140-144.
- 76 [KTBL02] KTBL, 2002: Taschenbuch Landwirtschaft 2002/03. Münster: Landwirtschaftsverlag.
- 77 [KHRG09] KUHLMANN, A., HERD, D., RÖSSLER, B., GALLMANN, E., 2009: Farming Cell — Ein ISOagriNET Netzwerk für die Schweinehaltung. Landtechnik 4, S. 254-256.
- 78 [LS81] LANGBEHN, W., SCHIEFER, G., 1981: Managementinformationssysteme für die Landwirtschaft. Landtechnik 2, S. 91-94.

- 79 [Lan04] LANGNER, H.-R., 2004: Ein Konzeptansatz für das zukünftige Daten- und Informationsmanagement in der Landbewirtschaftung mit Hilfe verteilter Datenbanken. In: Referate der 25. GIL Jahrestagung in Bonn 2004, S. 89-92.
- 80 [LT06] LEITHOLD, P., TRAPHAN, K., 2006: On Farm Research – eine neuartige Versuchsmethodik für Precision Farming. *Journal of Plant Diseases and Protection, Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz (SH)*, S. 157-164.
- 81 [Lin02a] LINSEISEN, H., 2002: Entwicklung eines Management-Informationssystems für Entscheidungen im Precision Farming. Dissertation, Technische Universität München, Fachgebiet für Unternehmensforschung und Informationsmanagement, Weihenstephan.
- 82 [Lin02b] LINSEISEN, H., 2002: Realisation und zukünftige Verbesserungsmöglichkeiten eines Management-Informationssystems zur Entscheidungsunterstützung im Precision Farming. In: Referate der 23. GIL-Jahrestagung in Dresden 2002 (Band 15), S. 153-157.
- 83 [MSFK09a] MARTINI, D., SCHMITZ, M., FRISCH, J., KUNISCH, M., 2009: Verteilte Datenhaltung in der Landwirtschaft auf Basis von agroXML. In: Referate der 29. GIL-Jahrestagung in Rostock 2009 (Band 21), S. 93-96.
- 84 [MSFK09b] MARTINI, D., SCHMITZ, M., FRISCH, J., KUNISCH, M., 2009: Enabling integration of distributed data for agricultural software applications using agroXML. In: EFITA conference '09. Proceedings of the 7th EFITA Conference, Wageningen, The Netherlands, 6-8 July 2009, pp. 145-150.
- 85 [MSK08] MARTINI, D., SCHMITZ, M., KUNISCH, M., 2008: Erweiterungen von agroXML zur Dokumentation und Qualitätssicherung in der Tierhaltung. *eZAI 3*, S. 1-12.
- 86 [MSK06] MARTINI, D., SPIETZ, C., KLÖPFER, F., 2006: Darstellung teilflächenspezifischer Maßnahmen in agroXML als Voraussetzung für die Verwendung im Bereich Precision Farming. In: *Lecture Notes in Informatics, Referate der 26. GIL Jahrestagung, Potsdam*, S. 161-164.
- 87 [MWAB05] McBRATNEY, A., WHELAN, B., ANCEV, T., BOUMA, J., 2005: Future directions of precision agriculture. *Precision Agriculture 9*, pp. 7-23.
- 88 [MeI05] MELZER, I., 2005: Service-orientierte Architekturen mit Webservices. In: *Lecture Notes in Informatics, Heute schon das Morgen sehen, 19. DFN-Arbeitstagung über Kommunikationsnetze in Düsseldorf, Gesellschaft für Informatik 2005*, S. 175-189.
- 89 [MH01] MILLER, H. J., HAN, J., 2001: *Geographic data mining and knowledge discovery*. London: Taylor & Francis.
- 90 [MS01] MUNACK, A., SPECKMANN, H., 2001: Communication Technology Is the Backbone of Precision Agriculture. *CIGR Ejournal III*, pp. 1-12.

- 91 [MSS09] MURAKAMI, E., SANTANA, F. S., STANGE, R. L., SARAIVA, A. M., 2009: The integration of open standards for enterprise service bus in a solution for agribusiness and environmental applications development. In: EFITA conference '09. Proceedings of the 7th EFITA Conference, Wageningen, The Netherlands, 6-8 July 2009, pp. 189-196.
- 92 [MSRCH07] MURAKAMI, E., SARAIVA, A. M., RIBEIRO, L. JUNIOR, CUGNASCA, C. E., HIRAKAWA, A. R., CORREA, P., 2007: An infrastructure for the development of distributed service-oriented information systems for precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture* 58, pp. 37-48.
- 93 [Nas06] NASH, E., 2006: WFS and Community Schemas: the preagro experience (Vortrag). In: deegree day 2006 am 8 Juni 2006 in Bonn, pp. 1-19.
- 94 [NBB07] NASH, E., BILL, R., BOBERT, J., 2007: Anwendungsfallanalyse für den Einsatz von GDI-Technologien im Precision Farming. *GIS - Zeitschrift für Geoinformatik* 11, S. 12-19.
- 95 [NBWMW07] NASH, E., BOBERT, J., WENKEL, K.-O., MIRSCHEL, W., WIELAND, R., 2007: Geocomputing Made Simple: Service-Chain Based Automated Geoprocessing for Precision Agriculture. In: Proceedings of GeoComputation 2007, 3.-5. September 2007, Maynooth, Irland, pp. 1-6.
- 96 [NK06] NASH, E., KOFAHL, M., 2006: Specialist SDIs to Support Business Processes. In: Shaping the future of Geographic Information Science in Europe, 9th AGILE International Conference on Geographic Information Science, pp. 72-79.
- 97 [NKB07] NASH, E., KORDUAN, P., BILL, R., 2007: Optimising data flows in precision agriculture using open geospatial web services. In: Precision Agriculture '07: Proceedings of the 6th European Conference on Precision Agriculture, pp. 753-759.
- 98 [NKB08] NASH, E., KORDUAN, P., BILL, R., 2008: Konzept einer spezialisierten Geodateninfrastruktur zur Unterstützung von Workflows im Precision Farming. In: Informationsgeleitete Pflanzenproduktion mit Precision Farming als zentrale inhaltliche und technische Voraussetzung für eine nachhaltige Entwicklung der landwirtschaftlichen Landnutzung - preagro II, Abschlussbericht, S. 293-310.
- 99 [NKBD07] NASH, E., KORDUAN, P., BOBERT, J., DREGER, F., 2007: Die Entwicklung von Geodiensten im Internet: Nutzen für die Landwirtschaft. *Landtechnik* 5, S. 356.
- 100 [Noa06] NOAK, P. O., 2006: Entwicklung fahrspurbasierter Algorithmen zur Korrektur von Ertragsdaten im Precision Farming. Dissertation: Technische Universität München, Fachgebiet Technik im Pflanzenbau, Weihenstephan.
- 101 [Noa07] NOAK, P. O., 2007: Standards für den elektronischen Datenaustausch in der Landwirtschaft. *Landtechnik* SH, S. 283-285.

- 102 [OASIS06] OASIS, 2006: Reference Model for Service Oriented Architecture 1.0, Official OASIS Standard.
- 103 [Oet08] OETZEL, K., 2008: Konzepte und Schnittstellen bei der Standardisierung von Office-Software zur Integration von Prozessdokumentationen beim Precision Farming. In: Informationsgeleitete Pflanzenproduktion mit Precision Farming als zentrale inhaltliche und technische Voraussetzung für eine nachhaltige Entwicklung der landwirtschaftlichen Landnutzung - preagro II, Abschlussbericht, S. 379-397.
- 104 [OGC02] OGC, 2002: OpenGIS® Geography Markup Language (GML) Implementation Specification, Version 2.1.2.
- 105 [OGC05] OGC, 2005: Web Feature Service Implementation Specification, Version 1.1.0.
- 106 [OGC07] OGC, 2007: Open GIS Specifications.
<http://www.opengeospatial.org/standards/>, Zugriff: 16.08.2007.
- 107 [OOMV05] OKSANEN, T., OEHMAN, M., MIETTINEN, M., VISALA, A., 2005: ISO 11783 standard and its implementation. In: Proceedings of the 16th IFAC World Congress 2005, pp. 1-6.
- 108 [Ost07] OSTERMEIER, R., 2007: Real-time-Prozessführung eines sensorgestützten Düngesystems durch Multisensor Data Fusion Technik. Landtechnik SH, S. 288-289.
- 109 [PJ07] PAETOW, H., JÜRSCHIK, P., 2007: Datenerfassung - Notwendigkeit oder Chance, DLG-Merkblatt 338.
- 110 [PSW05] PAULSEN, C., SPILKE, J., WAGNER, P., 2005: ISOagriNet – ein ISO-Projekt zur Standardisierung der elektronischen Kommunikation in der Erzeugung tierischer Produkte und deren Verarbeitung. Zeitschrift für Agrarinformatik 2, S. 25-26.
- 111 [Pet07] PETER, J., 2007: Entwicklung von Strukturen zur Bereitstellung von Prozessdaten aus der automatischen Prozessdatenerfassung in der Außenwirtschaft. Bachelorarbeit: Technische Universität München, Fachgebiet Technik im Pflanzenbau, Weihenstephan.
- 112 [Rad07] RADEMACHER, T., 2007: Traum oder Albtraum?. DLG-Mitteilungen 3, S. 12-17.
- 113 [RJ08] REICHARDT, M., JUERGENS, C., 2008: Precision Farming in Deutschland - bestehende Akzeptanzmuster und zukünftige Perspektiven einer Technologie. In: Informationsgeleitete Pflanzenproduktion mit Precision Farming als zentrale inhaltliche und technische Voraussetzung für eine nachhaltige Entwicklung der landwirtschaftlichen Landnutzung - preagro II, Abschlussbericht.
- 114 [RH06] RETTBERG, T., HERBST, R., 2006: Insellösungen angepasst. Neue Landwirtschaft 4, S. 50-53.

- 115 [RHS01] RODDICK, J., HORNSBY, K., SPILIOPOULOU, M., 2001: An Updated Bibliography of Temporal, Spatial, and Spatio-temporal Data Mining Research. In: Temporal, Spatial and Spatio-Temporal Data Mining, London: Springer.
- 116 [RW02] ROSSKOPF, K., WAGNER, P., 2002: Anforderungen an Agrarsoftware und Ursachen von Akzeptanzproblemen - Ergebnisse einer Studie bei den Agrarcomputertagen 2002. In: Referate der 23. GIL-Jahrestagung in Dresden 2002 (Band 15), S. 183-186.
- 117 [RW03] ROSSKOPF, K., WAGNER, P., 2003: Akzeptanz neuer Technologien in der Landwirtschaft - Ergebnisse empirischer Studien. In: Referate der 24. GIL-Jahrestagung in Göttingen 2003 (Band 16), S. 126-130.
- 118 [RW06] ROSSKOPF, K., WAGNER, P., 2006: Vom Daten- zum Wissensmanagement: Wofür verwenden Landwirte einen Computer. In: Lecture Notes in Informatics, Referate der 26. GIL-Jahrestagung, S. 225-228.
- 119 [Rot01] ROTHMUND, M., 2001: Entwicklung eines SQL-basierten Auswertungsprogramms für die Automatische Prozessdatenerfassung mit LBS, GPS und IMI. Diplomarbeit: Technische Universität München, Fachgebiet Technik im Pflanzenbau, Weihenstephan.
- 120 [Rot04] ROTHMUND, M., 2004: Die automatisierte Datenerfassung und ihre Nutzenanwendung im Pflanzenbau. In: Elektronik in der Landwirtschaft, FAT-Schriftenreihe Nr. 59.
- 121 [Rot06] ROTHMUND, M., 2006: Technische Umsetzung einer Gewannebewirtschaftung als „Virtuelle Flurbereinigung“ mit ihren ökonomischen und ökologischen Potenzialen. Dissertation: Technische Universität München, Fachgebiet Technik im Pflanzenbau, Weihenstephan.
- 122 [RA04a] ROTHMUND, M., AUERNHAMMER, H., 2004: Neue Informationsmanagementsysteme für die Pflanzenproduktion und die Arbeitswirtschaft. In: 14. Arbeitswissenschaftliches Seminar, VDI-MEG-Arbeitskreis Arbeitswissenschaften im Landbau, FAT-Schriftenreihe Nr. 62.
- 123 [RA04b] ROTHMUND, M., AUERNHAMMER, H., 2004: A web based information management system for process data designed with open source tools. In: Engineering the future, AgEng Leuven 2004 (CD-ROM), pp. 1-8.
- 124 [RDA01] ROTHMUND, M., DEMMEL, M., AUERNHAMMER, H., 2001: Methoden und Ergebnisse der Datenauswertung bei der Automatischen Prozessdatenerfassung mit LBS, GPS und IMI® auf Traktor-Geräte-Kombinationen. In: Referate der 22. GIL-Jahrestagung in Rostock 2001 (Band 14), pp. 129-132.
- 125 [RDA02] ROTHMUND, M., DEMMEL, M., AUERNHAMMER, H., 2002: Nutzung von Informationen aus der automatischen Prozessdatenerfassung. Landtechnik 3, S. 148-149.

- 126 [RDA03] ROTHMUND, M., DEMMEL, M., AUERNHAMMER, H., 2003: Methods and Services of Data processing for Data Logged by Automatic Data Acquisition Systems. In: Management and technology applications to empower agriculture and agro-food systems, Proceedings of XXX CIO-STA-CIGR V Congress, Vol. 2, 22.-24. September 2003, Turin, Italy, pp. 713-721.
- 127 [Rut07] RUTT, K., 2007: Der Landwirt als Spinne im Netz. DLG-Mitteilungen 3, S. 18-19.
- 128 [SGSMS09] SANTANA, F. S., GUSHIKEN, I. Y., STANGE, R. L., MURAKAMI, E., SARAIVA, A. M., 2009: Evolution of a SOA-based architecture for agroenvironmental purposes integrating GIS services to an ESB environment. In: EFITA conference '09. Proceedings of the 7th EFITA Conference, Wageningen, The Netherlands, 6-8 July 2009, pp. 197-205.
- 129 [SS11] SCHNEIDER, W., SCHUCHMANN, G. H., 2011: Neue Serviceangebote für die überbetriebliche N-Düngung. In: Rheinische Bauernzeitung vom 19.03.2011.
- 130 [Sch07] SCHUCHMANN, G. H., 2007: Ableitung von Entscheidungsregeln zur Maßnahmenerkennung in automatisch erfassten Prozessdaten. Seminararbeit, Technische Universität München, Fachgebiet Technik im Pflanzenbau, Weihenstephan.
- 131 [SN96] SCHULTE, R., NATIS, Y, 1996: SSA Research Note SPA-401-068, Service Oriented Architectures, Part 1.
- 132 [SSW03] SHRESTHA, D., STEWARD, B., VAN WYNGARDEN, C., 2003: An Object Oriented Architecture for Field Data Acquisition, Processing and Information Extraction. In: 2003 ASAE Annual International Meeting, Las Vegas, Nevada, USA, 27-30 July 2003, pp. 1-13.
- 133 [SSR08] SILAKANTA, S., SCHEIBE, K., RAI, A., 2008: Dimensional issues in agricultural data warehouse designs. Computers and Electronics in Agriculture 60, pp. 263-278.
- 134 [Sin06] SINDIR, K., 2006: Farm and Crop Management Systems. In: CIGR Handbook of Agricultural Engineering, Vol. VI: Information Technology, pp. 355-367.
- 135 [Son06] SONNEN, J., 2006: Simulation von Ernteprozessketten für Siliergüter. Dissertation: Humboldt-Universität zu Berlin.
- 136 [SFNPB10] SØRENSEN, C.G., FOUNTAS, S., NASH, E., PESONEN, L., BOCHTIS, D., PEDERSEN, S.M., BASSO, B., BLACKMORE, S. B., 2010: Conceptual model of a future farm management information system. Computers and Electronics in Agriculture 72, pp. 37-47.
- 137 [Spa00] SPANGLER, A., 2000: Automatisierte Datenerfassung mit GPS, LBS und IMI. In: Landtechnik-Schrift 11: 12. Arbeitswissenschaftliches Seminar am 29. Februar und 1. März 2000.

- 138 [Spa07] SPANGLER, A., 2007: Modellierung von Arbeitsgespannen als Netzwerk autonomer Agenten. Landtechnik SH, S. 292-293.
- 139 [SZ05] SPILKE, J., ZÜRNSTEIN, K., 2005: Webservices - Beschreibung eines Ansatzes zur Anwendungskopplung und von Nutzungsmöglichkeiten im Agrarbereich. Zeitschrift für Agrarinformatik 2, S. 33-40.
- 140 [Spr11] SPRENG, V., 2011: Analyse der Futteraufnahme und Vormagenentwicklung beim Kalb aus Prozessdaten einer multisensorischen Kälberaufzuchtanlage. Dissertation: Technische Universität München, Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik, Weihenstephan.
- 141 [SCF09] STECKEL, T., CLAUSSEN, F., FITZNER, W., 2009: Integration mobiler Arbeitsmaschinen in landwirtschaftliche Geschäftsprozesse durch den Einsatz kontextsensitiver Systeme. Landtechnik 4, S. 260-263.
- 142 [Ste05] STEINBERGER, G., 2005: Integration manueller Dateneingaben in Systeme zur Automatischen Prozessdatenerfassung. Diplomarbeit: Technische Universität München, Fachgebiet Technik im Pflanzenbau, Weihenstephan.
- 143 [SRMSM07] STEINBERGER, G., ROTHMUND, M., MARTINI, D., SPIETZ, C., MALLON, D., NASH, E., 2007: Integration von agroXML in eine landwirtschaftliche Geodateninfrastruktur. Landtechnik 2, S. 114-115.
- 144 [SRR07] STEINBERGER, G., RUIZ-GARCIA, L., ROTHMUND, M., 2007: A Model and Prototype Implementation for Tracking and Tracing Agricultural Batch Products along the Processing Chain. In: Proceedings of 6th Biennial Conference of European Federation of IT in Agriculture, 2nd - 5th July 2007, Glasgow, pp. 1-6.
- 145 [SKPH05] SUOMI, P., KAIVOSOJA, J., PESONEN, L., HAAPALA, H., 2005: Reliability of the documentation of precision spraying in the project Agrix. In: Precision Agriculture '05, Book of abstracts 5 ECPA - 2 ECPLF, pp. 269-270.
- 146 [TGL22289] TGL 22289, 1974: Fachbereichstandard Zeitgliederung in der Land- und Forstwirtschaft; Begriffe, Kurzzeichen, Erläuterungen.
- 147 [VWB09] VERLOOP, C., WOLFERT, J., BEULENS, A., 2009: Living lab 'information management in agri-food supply chain networks'. In: EFITA conference '09. Proceedings of the 7th EFITA Conference, Wageningen, The Netherlands, 6-8 July 2009, pp. 593-602.
- 148 [VHDK95] VERSTEGEN, J., HUIRNE, R., DIJKHUIZEN, A., KLEIJNEN, JA., 1995: Economic value of management information systems in agriculture: a review of evaluation approaches. Computers and Electronics in Agriculture 13, S. 273-288.
- 149 [W3C04] W3C - WORLD WIDE WEB CONSORTIUM, 2004: XML Schema Part 0: Primer Second Edition.
- 150 [W3C06] W3C - WORLD WIDE WEB CONSORTIUM, 2006: Extensible Markup Language (XML) 1.0 (Fourth Edition).

- 151 [Wei06] WEIGERT, G., 2006: Data Mining und Wissensentdeckung im Precision Farming - Entwicklung von ökonomisch optimierten Entscheidungsregeln zur kleinräumigen Stickstoff-Ausbringung. Dissertation: Technische Universität München, Professur für Unternehmensforschung und Informationsmanagement, Weihenstephan.
- 152 [WDS08] WERNER, A., DREGER, F., SCHWARZ, J., 2008: Informationsgeleitete Pflanzenproduktion mit Precision Farming als zentrale inhaltliche und technische Voraussetzung für eine nachhaltige Entwicklung der landwirtschaftlichen Landnutzung - preagro II, Abschlussbericht. .
- 153 [WDSS07] WERNER, A., DREGER, F., SCHWARZ, J., STAHL, K., 2007: Precision Farming als Wegbereiter der informationsgeleiteten Pflanzenproduktion. Landtechnik 1, S. 57.
- 154 [Wik08a] WIKIPEDIA, 2008: Unternehmenssoftware. <http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Unternehmenssoftware&oldid=54609814>, Zugriff: 28.12.2008.
- 155 [Wik08b] WIKIPEDIA, 2008: Enterprise Application Integration. http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Serviceorientierte_Architektur&oldid=54046182, Zugriff: 23.12.2008.
- 156 [Wik08c] WIKIPEDIA, 2008: Serviceorientierte Architektur. http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Serviceorientierte_Architektur&oldid=54046182, Zugriff: 23.12.2008.
- 157 [Wil98] WILD, K., 1998: Satellitengestützte Arbeitszeiterfassung und Ertragsermittlung in Randballenpressen. Dissertation: Technische Universität München, Fakultät für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik, Weihenstephan.
- 158 [WMVB09] WOLFERT, J., MATOCHA, D., VERLOOP, C., BEULENS, A., 2009: Business process modelling of the pesticide life cycle: a service-oriented approach. In: EFITA conference '09. Proceedings of the 7th EFITA Conference, Wageningen, The Netherlands, 6-8 July 2009, pp. 207-215.
- 159 [WVB07] WOLFERT, J., VERDOUW, C., BEULENS, A., 2007: Integration and standardization in arable farming practice: a service-oriented approach. In: Proceedings of 6th Biennial Conference of European Federation of IT in Agriculture, 2nd - 5th July 2007, Glasgow, pp. 1-6.
- 160 [WVVB10] WOLFERT, J., VERDOUW, C., VERLOOP, C., BEULENS, A., 2010: Organizing information integration in agri-food - A method based on a service-oriented architecture and living lab approach. Computers and Electronics in Agriculture 70, pp. 389 - 405.
- 161 [Zeh03] ZEH, T., 2003: Data Warehousing als Organisationskonzept des Datenmanagements - Eine kritische Betrachtung der Data-Warehouse-Definition von Inmon. Informatik – Forschung und Entwicklung 1, S. 32-38.

- 162 [ZGNE10] ZHANG, X., GEIMER, M., NOAK, P. O., EHRL, M., 2010: Elektronische Deichsel für landwirtschaftliche Arbeitsmaschine – Auf dem Weg nach autonomen Landmaschinen. In: LAND.TECHNIK 2010, 68. Internationale Tagung, 27./28. Oktober 2010, Braunschweig, S. 1-6.
- 163 [ZTP03] ZIMMERMANN, O.AND TOMLINSON, M.AND PEUSER, S., 2003: Perspectives on Web Services: Applying SOAP, WSDL and UDDI to Real-World Projects. London: Springer.