

Anwendungsfallanalyse für den Einsatz von GDI-Technologien in Precision Farming

Zusammenfassung

Moderne Technologien für eine hochgenaue Landwirtschaft gewinnen zunehmend an Bedeutung. Unter dem dazugehörigen Fachbegriff „Precision Farming“ werden verschiedene Methoden und Techniken - zum Beispiel die Satellitenortung, digitale Geländemodelle, Bodenkarten, Ertragsdaten und Geo-Informationssysteme, zusammengefasst und werden bei der Planung, Durchführung und Dokumentation von teilflächenspezifischen Maßnahmen (Aussaat, Düngung, Pflanzenschutz, etc.) eingesetzt. Der Einsatz dieser Technologien bringt aber eine steigende Last des Datenmanagements für den Landwirt mit sich. Daher müssen Möglichkeiten der Vereinfachung des Datenmanagements untersucht werden. Weil viele der erforderlichen Daten einen Raumbezug haben, eignen sich hier besonders moderne Lösungsansätze des Geoinformationsbereiches. Norm-basierte Technologien einer Geodateninfrastruktur (GDI) können viele Datenaustausche automatisieren oder vermeiden. Um die optimale Nutzung dieser Technologien zu demonstrieren, werden im Rahmen des *preagro*-Projektes die Anwendungsfälle einer landwirtschaftlichen GDI analysiert und prototypisch umgesetzt.

Abstract

Modern technology for high-precision agriculture is becoming increasingly important. The term “precision farming” covers many methods and technologies such as satellite positioning, digital terrain models, soil mapping, yield data and geographic information (GI) systems, which are used in the planning, execution and documentation of site-specific actions (sowing, fertilisation, pesticide, etc.). However, the use of these technologies places an increasing burden of data management on the farmer. Possibilities for the simplification of this data management must therefore be investigated. Because many of the required data are spatially referenced, the modern solutions from the GI-branch are appropriate. The standards-based technologies of a spatial data infrastructure (SDI) can automate or avoid many data transfers. In order to optimally apply these technologies, work in the *preagro*-project has analysed and created prototype implementations of use-cases for an agricultural SDI.

Da die Software zur Erfassung, Verarbeitung, Analyse und Präsentation der Informationen oft an verschiedene Bearbeitungsgeräte der Pflanzenproduktion gebunden ist, entstehen in einem landwirtschaftlichen Betrieb schnell heterogene Datenwelten mit unterschiedlichen Datenformaten, verschiedenem Raumbezug und Aktualisierungszustand. Da zudem die Informationsbeschaffung und die Prognose mittels computergestützten numerischen Modellen durch die biologisch determinierten Prozesse, die auch räumlich und zeitlich sehr stark variieren können, recht aufwendig ist, haben sich in der Praxis Entscheidungsunterstützungssysteme noch nicht durchgesetzt – nur etwa 8% aller deutschen Landwirte nutzen Precision Farming-Methoden und -Technologien [1]. Unter anderen Gründen für die niedrige Adoption der Technologien, wie zum Beispiel die unklare Effektivität und Rentabilität, ist die fehlende Interoperabilität der Systeme [1][2] und die Schwierigkeit, die erforderlichen Daten in den richtigen Formaten und Bezugssystemen zu bekommen [3] oft zitiert. Um die aktuellen PF-Methoden selbst nutzen zu können, muss ein Landwirt deshalb bereits gute EDV-Kenntnisse haben oder viel Zeit und Geld investieren, um den Umgang mit der Software zu erlernen. Da er in der Regel geringeres Interesse an der Datenverarbeitung hat [4], muss er auf die neuen Technologien und deren möglichen Vorteile verzichten oder einen Dienstleister beauftragen, was wiederum zu mehr Datenaustausch und mehr Problemen führen kann.

Um diese Probleme der Interoperabilität zu überwinden, sollen Standards entwickelt, getestet und eingesetzt werden, die den Datenaustausch zwischen Software bzw. zwischen einem Betrieb und dessen Vertragspartnern erleichtern bzw. automatisieren. Da der Raumbezug eine große Bedeutung für viele PF-Daten hat, sind die bestehenden Normen und Standards des Geoinformationsbereiches zu berücksichtigen, insbesondere die Web-Dienste-Standards des Open Geospatial

AUTOREN

Edward Nash¹, Ralf Bill¹, Jans Bobert²

1. Einleitung

Die Prozesse der informationsgeleiteten Pflanzenproduktion sind sehr komplex und hauptsächlich ortsbezogen. Die Komplexität der zu verarbeitenden Informationen steigt dadurch, dass nicht nur innerbetriebliche Informationen verarbeitet werden müssen, sondern der landwirtschaftliche Betrieb

auch in einen breiten Verbund mit übergeordneten Stellen wie öffentlichen Datenanbietern (Katasteramt, Landwirtschaftsamt, Umweltbehörden usw.), Dienstleistern (Maschinenringe, Lohnunternehmen, Beratern, Landwirtschaftlichen Untersuchungsanstalten usw.) und Abnehmern in der Wertschöpfungskette (Lebensmittelerzeuger usw.) eingebunden ist. Auch wenn alle erforderlichen Daten bereits in digitaler Form erfasst werden, was meistens noch nicht der Fall ist, muss der Landwirt die Informationen finden, abrufen und in seine Arbeitsabläufe und seine Software einbinden können.

Consortiums (OGC) haben hier eine große Bedeutung. Um sie sinnvoll einzusetzen, müssen typische landwirtschaftliche Arbeitsabläufe (Workflows), sowohl „einfache“ Geschäftsprozesse als auch Datenverarbeitungsprozesse, und deren benötigte Datenübertragungen identifiziert und modelliert werden. Nur dadurch werden die heterogenen Workflows mit standardisierten Schnittstellen unterstützt.

Für die Modellierung wird die normierte und in vielen Bereichen eingesetzte graphische Modellierungssprache UML (Unified Modeling Language) verwendet. Das von UML-definierte Metamodell und viele Diagrammart mit einer übereinstimmenden Semantik erlauben eine einheitliche konzeptionelle Modellierung aller Aspekte der Datenflüsse für PF, die z.B. mit einfachen Datenflußdiagrammen nicht möglich wäre.

2. Kurzübersicht der UML

In diesem Beitrag werden drei der insgesamt neun Diagrammart der UML 1.4.2 (ISO 19501) verwendet. Für eine ausführliche Erklärung der UML gibt es viele empfehlenswerten Bücher, z.B. [5][6]. Ausserdem ist die Norm vom OMG (Object Management Group) frei verfügbar [7] – hier geben wir nur eine Kurzübersicht der in diesem Beitrag verwendeten Notation. Die UML ist in der Geoinformatik bereits weitgehend akzeptiert. Typische Anwendungsbeispiele sind für die Definition von Datenmodelle und –strukturen, wie zum Beispiel das ISO19107 Geometriemodell und viele andere ISO19100-Serie Normen oder für die Modellierung von Anwendungsschemen wie das AAA-Modell [8]. Regeln hierfür sind in ISO19103 bzw. ISO19109 definiert, und „encoding rules“ um ein

konformes UML-Modell als GML Applikationsschema umzusetzen sind als Teil des GML-Standards definiert. Allerdings wird nur die statische Strukturmodellierung (Klassen- und Paketdiagramme) hierfür verwendet, obwohl Beispiele für die Nutzung der Verhaltensmodellierung auch in der Literatur zu finden sind, beispielsweise für die Definition der Dienstkettenarten in ISO19119 oder für die Beschreibung einer GDI-basierten Implementierung in [9].

Ein Anwendungsfalldiagramm bildet ein Szenario und dessen beteiligten Akteure und deren Rollen ab. Das Ziel des Anwendungsfalldiagramms ist es, die benötigten Funktionalitäten und Anforderungen eines Systems zu identifizieren. Abbildung 1a erklärt die graphischen Symbole des Anwendungsfalldiagramms. Das Aktivitätsdiagramm (Abbildung 1b) bildet den logischen Ablauf eines Anwendungsfalles als eine Reihe von Aktionen, Verbindungen und ggf. Wahlmöglichkeiten und Bedingungen ab (vgl. ein klassisches Flussdiagramm). Das Ziel des Aktivitätsdiagramms ist es, die logischen Schritte in einem Anwendungsfall zu identifizieren. Die letzte hier verwendete Diagrammart, das Sequenzdiagramm (Abbildung 1c), bildet den zeitlichen Ablauf eines Anwendungsfalles, insbesondere die Interaktionen und Botschaften zwischen Objekten ab. Das Ziel hierbei ist es, das Zusammenspiel zwischen Komponenten zu visualisieren: in diesem Beitrag wird das Sequenzdiagramm benutzt, um Implementierungsformen darzustellen.

3. Standardisierung, Interoperabilität und Web-Services in der Landwirtschaft

Bisherige Normierungsinitiativen im landwirtschaftlichen Bereich wie ISOBUS

bzw. ISO11783 haben sich eher auf Kompatibilität zwischen Geräten und deren Steuerungssoftware konzentriert. Aktuelle Initiativen wie agroXML beschäftigen sich mit einem standardisierten, aber zum großen Teil Datei-basierten Datentransfer auf der Softwareebene. Obwohl die Möglichkeit zum Einsatz von Web-Services, um Datentransfers im Agrarbereich zu automatisieren, auch schon bekannt ist (z.B. [10][11][12]), gibt es hierfür noch keine standardisierten Schnittstellen, und aktuelle Datentransferformate zielen nicht auf die Nutzung mit Web-Services. Eine leistungsfähige Unterstützung für raumbezogene Daten, die insbesondere für Precision Farming wichtig sind, ist bisher nur in einer Entwicklungsversion des agroXML-Schemas innerhalb des *preagro*-Projektes gelungen [13].

Für die Einführung einer standardisierten automatisierten Datenübertragung für georeferenzierte landwirtschaftliche Daten gibt es eine offene Wahl an Technologien. Als Datentransferformat haben wir agroXML mit Erweiterungen für PF-Daten gewählt, weil agroXML bereits eine namhafte Ontologie für PF definiert und die Datenmodellierung dadurch zum großen Teil erledigt ist. Obwohl agroXML räumliche Daten abbildet, ist es nicht als GML Anwendungsschema definiert, und nutzt nicht das Featurekonzept der ISO19109, sondern nutzt nur ein Profil der konkreten Geometrieelementen von GML 3.1.1, um die geometrischen Aspekte einiger Objekte darzustellen.

Für Web-Service-Schnittstellen besteht eine Wahl zwischen den OGC-Standards (OWS, WMS, WFS, WCS, WPS, usw.) und den allgemeinen W3C-Standards (WSDL, SOAP, UDDI). Dass ►

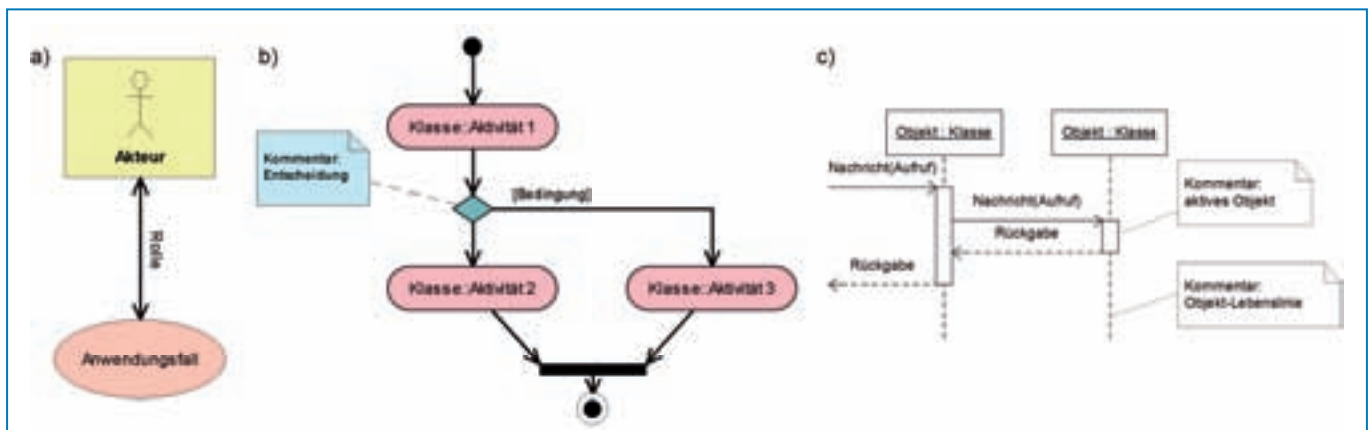


Abbildung 1: Zeichenerklärung für UML-Diagrammarten; (a) Anwendungsfalldiagramm, (b) Aktivitätsdiagramm, (c) Sequenzdiagramm

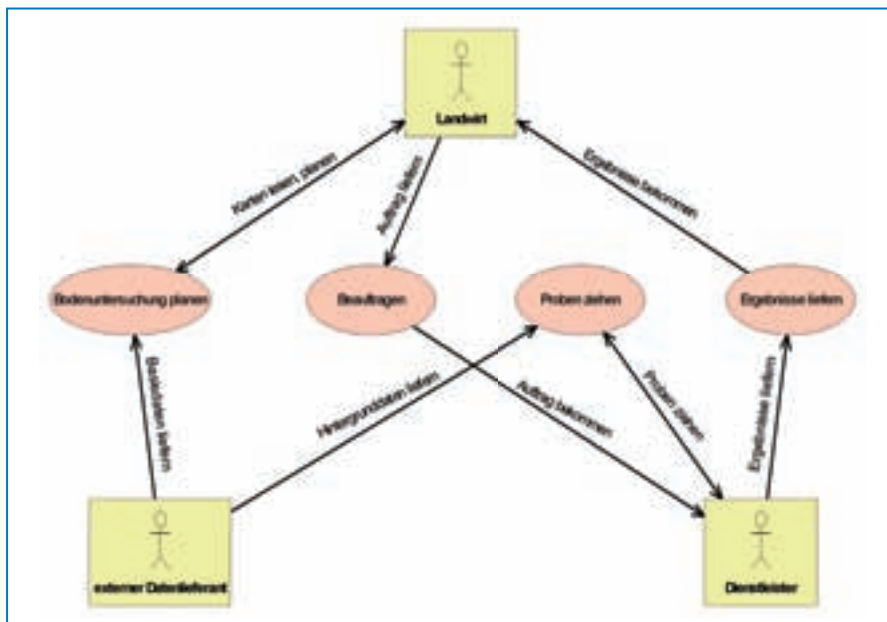


Abbildung 2: Vereinfachtes Anwendungsfalldiagramm einer Bodenuntersuchung

räumliche Daten „etwas Besonderes“ sind, und deshalb deren eigene Lösungen erfordern [17] ist weitestgehend akzeptiert. Dies gilt auch für Web-Services: Dienste für räumliche Daten sind zwangsläufig komplizierter als allgemeine Web-Dienste [18]. Da die OGC-Standards künftig mit den allgemeinen Standards des W3C kompatibel werden [15][16] und bereits Lösungen für die Umgang mit räumlichen Daten anbieten, sind sie auch in diesem Fall empfehlenswert.

Es ist auch zu berücksichtigen, dass verschiedene Datensätze, die auch für die Landwirtschaft eine Bedeutung haben, wie beispielsweise Topographische Karten, Orthophotos und Flurkarten, bereits über OGC-Schnittstellen (hauptsächlich WMS) im Rahmen verschiedener GDI-Initiativen verfügbar sind, und die Bereitstellung weiterer Datensätze über OGC-kompatible Schnittstellen (z.B. die AAA-Datensätze über NAS) ist in der näheren Zukunft zu erwarten. Da die spezialisierten Dienste für PF auch mit solchen externen Diensten als Teil einer spezialisierten GDI interoperieren müssen [14] ist es auch sinnvoll, die gleichen Schnittstellenstandards zu verwenden.

Für diese Arbeit werden deshalb womöglich die passenden Branchenstandards des Agrarbereiches (d.h. agro-XML) genutzt, aber auch die allgemeinen Standards der Geoinformations- und Informatikbereiche.

4. Anwendungsfälle für eine GDI für Precision Farming

Um die mögliche Nutzung der GDI-Technologien zur Optimierung der Datenflüsse in Precision Farming zu demonstrieren, wird ein Anwendungsfall-basierter Ansatz benutzt. Beispielhafte

Szenarien werden untersucht, um verallgemeinerte Datenflüsse identifizieren zu können. Die geeigneten Schnittstellen und Datenübertragungsformate werden hiervon abgeleitet. Hier werden drei Anwendungsfälle präsentiert, um verschiedene Aspekte der Datenflüsse in Precision Farming zu erläutern. Zuerst wird die Bodenuntersuchung vorgestellt, um die Nutzung externer Datensätze, verteilter Datenhaltung und die Notwendigkeit der Übertragung georeferenzierter Fachdaten zwischen dem Landwirt und seinen Vertragspartnern darzustellen. Danach wird die Generierung einer teilflächenspezifischen Stickstoff-Düngungskarte als beispielhafte Nutzung verteilter Datenverarbeitungsdienste gezeigt. Letztlich wird die Erstellung einer Zonenkarte für das vereinfachte Management eines Schlags erläutert.

4.1. Anwendungsfall 1: Bodenuntersuchung

Das Ziel einer Bodenuntersuchung ist es, die aktuellen Bodenmerkmale wie pH-Wert, Nährstoffinhalt und Bodenart als eine Grundlage des Managements



Abbildung 3: Vereinfachtes Aktivitätsdiagramm einer Bodenuntersuchung

des Schlags zu bestimmen. Probenstandorte werden geplant, um einen Schlag gut abzudecken, z.B. in einem 10ha-Raster, aber auch um die Ursache beobachteter Auswirkungen zu ermitteln. Normalerweise werden die Proben von einem Dienstleister gezogen und analysiert – die Probenstandorte könnten aber vom Landwirt oder Dienstleister geplant werden. Wie viel und welche Daten genau zu übertragen sind, wird hiervon abhängen, aber im Allgemeinen muss ein Auftrag mehr- (Standorte) oder weniger- (Schlag) präzise geortete Probenstandorte enthalten. Um die Untersuchung planen und durchführen zu können, werden auch zusätzliche Informationen benötigt, wie z.B. Hintergrundkarten bzw. Luft- oder Satellitenbilder. Solche Informationen werden von externen Datenlieferanten geliefert bzw. von externen Diensten abgerufen.

In unserem verallgemeinerten Anwendungsfall sind daher drei Akteure beteiligt: Der Landwirt, der Dienstleister und ein externer Datenlieferant. Diese drei Akteure und deren Rollen sind in Abbildung 2 dargestellt.

Um die Interaktionen zwischen den Akteuren besser erkennen zu können, ist das Modell des Ablaufs des Anwendungsfalles als Aktivitätsdiagramm in Abbildung 3 gezeigt. Hier kann man genau erkennen, welche Datenübertragungen stattfinden müssen. Der Landwirt muss den Datenlieferanten für die entsprechenden Hintergrunddaten abfragen (mit einer Abfrage, die den Datentyp bzw. Layername und das Gebiet spezifizieren), woraufhin der Datenlieferant die passenden georeferenzierten Daten liefern wird. Der Landwirt nutzt die Hintergrunddaten, um eine gute Visualisierung während der Planung der Untersuchung zu schaffen und schickt einen Auftrag an den Dienstleister. Er wird die Proben ziehen, analysieren (oder sie in einem Labor analysieren lassen) und die georeferenzierten Ergebnisse an den Landwirt liefern.

Von diesem Modell werden die benötigten Schnittstellen- und Datenübertragungsstandards abgeleitet. Die Hintergrunddaten werden nur für Visualisierungen benutzt und ein einfaches Rasterformat, das über eine Web Map Service (WMS)-Schnittstelle abgefragt wird, ist deshalb hierfür ausreichend. Der Boden-

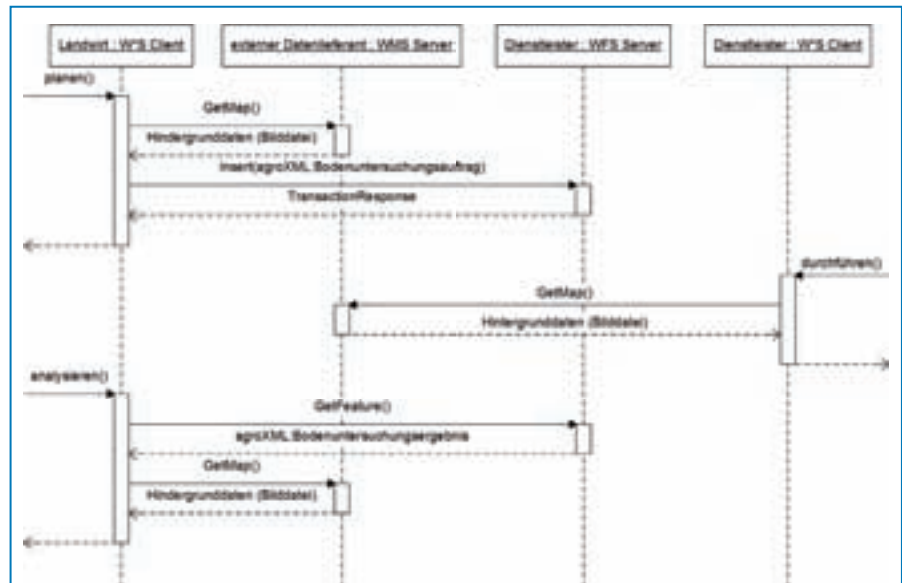


Abbildung 4: Vereinfachtes Sequenzdiagramm der Datenflüsse einer Bodenuntersuchung mit OGC-Schnittstellen und agroXML

untersuchungsauftrag und die Bodenanalyseergebnisse sind etwas komplizierter, da nicht nur eine Abbildung der Daten benötigt wird, sondern die tatsächlichen Daten übertragen werden müssen. Da diese Daten im Vektorformat vorliegen, ist die WFS bzw. WFS-T Schnittstelle hierfür geeignet.

Für solche georeferenzierten Fachdaten ist es nicht nur wichtig, die Daten zu übertragen (eine syntaktische Interoperabilität), aber auch dass ein gemeinsames Verständnis der Daten (eine semantische Interoperabilität) entsteht. Ein Standard, der sowohl Strukturen als auch eine Ontologie definiert, ist deshalb hier zu bevorzugen – in diesem Fall agroXML, ein XML-basierter Branchenstandard für die Landwirtschaft. Obwohl aktuelle WFS-Software wie ESRI ArcIMS, GeoServer oder UMN MapServer hauptsächlich für GML, insbesondere mit einem „Simple-Features Profil“ eingerichtet sind, ist es sowohl theoretisch (d.h. laut WFS-Standard [19] zulässig) als auch praktisch (allerdings mit einer etwas aufwendigen Konfiguration z.B. mit deegree2) möglich, einen WFS-Dienst für agroXML oder andere nicht GML-konforme Formate bereitzustellen.

Abbildung 4 zeigt den zeitlichen Ablauf der Bodenuntersuchung in einem Sequenzdiagramm mit Datenübertragung mittels OGC-Schnittstellen und agroXML.

4.2. Anwendungsfall 2: Stickstoffapplikationskarte generieren

Der zweite Anwendungsfall demonstriert, wie zukünftige web-basierte Datenhaltungs- und Datenverarbeitungsdienste den Datenmanagementaufwand des Landwirts durch eine Automatisierung aufwendiger Datenverarbeitungsworkflows deutlich reduzieren können. Die GIS-Funktionen, die der Landwirt sonst selbst zusammenketten muss, um seine Aufgabe zu erledigen, werden als aggregierte Web-Dienste veröffentlicht. Um solche Ketten zu bilden, müssen die benötigten einzelnen Dienste bzw. Arbeitsschritte identifiziert und spezifiziert werden.

Die Datenverarbeitungskette kann mittels eines Workflow-Dienstes orchestriert werden [20], entweder als eine Schnittstelle zu einer statischen Kette, die eine Kompositfunktion zur Verfügung stellt, oder als eine dynamische Kette, die je nach Bedarf gestaltet wird. Da es nicht erwartet wird, dass ein Landwirt in der Lage ist, die Dienste selbst auszusuchen bzw. zu kontrollieren, eignet sich hier eine opake aggregierte Kette. Die Kette wird deshalb als aggregierter WPS-Dienst (auch kaskadierender Dienst benannt) veröffentlicht, und die einzelnen Dienste, die die GIS-Funktionen implementieren, sind für den Client nicht sichtbar.

Als Beispiel eines solchen Datenverarbeitungsworkflows wird hier die Generierung einer teilflächenspezifischen Stickstoffapplikationskarte präsentiert. In ►



Abbildung 5: Aktivitäten in dem Anwendungsfall „N-Applikationskarte generieren“

Grunde muss der Stickstoff, der jährlich in der Ernte abgeführt wird, durch Düngung ersetzt werden. Der mineralische Stickstoffgehalt des Bodens muss hierbei berücksichtigt werden: er wird mittels einer Bodenuntersuchung erfasst und von der Gesamtdüngemenge abgezogen. Die N-Abfuhr wird anhand der Ertragsmenge und ggf. deren Proteininhalt kalkuliert oder anhand von Faustwerten geschätzt. Die Formel für die Düngemenge an jedem Punkt

ist deshalb $NDüngung = NAbfuhr - Nmin$. Da beide $Nmin$ - und Ertragswerte nur an ungleichmäßig verteilten Punkten erfasst werden, müssen die Werte interpoliert werden. Zusätzlich werden die Ertragswerte auf 14% Feuchtigkeit normalisiert. Alle Aktivitäten in diesem Anwendungsfall sind in Abbildung 5 dargestellt.

Für die Automatisierung dieses Workflows wird davon ausgegangen, dass die Bodenprobenergebnisse über eine Web-

Service-Schnittstelle zur Verfügung gestellt werden und dass die Ertragsdaten in einem Agricultural Process Data Service (APDS) [21] mit einer WFS-Schnittstelle eingeladen sind. Die benötigten Daten können danach automatisch, basierend auf Schlaggrenze und Ertragsjahr, abgerufen werden.

Ein Teil des Workflows benötigt allgemeine GIS-Funktionalität (Interpolation, Rastermathematik), aber auch landwirtschafts-spezifische Funktionalität (Kalkulation der NAbfuhr, Ertragsdatennormalisierung) werden benötigt. Die unterschiedlichen Zielbereiche (ob generisch oder spezialisiert) der Funktionen bestimmen auch die Datenübertragungsformate: generische Dienste arbeiten mit generischen Formaten, wohingegen spezialisierte Dienste nur mit spezialisierten Formaten arbeiten. Weil die Ergebnisse der Datenverarbeitung direkt in dem FMIS (Farm Management Information System) des Landwirtes bearbeitet bzw. davon mittels ISO11783-10 XML an einem Bordcontroller weitergeleitet werden sollen, ist auch hierfür ein landwirtschaftlich-spezifisches Format wie agroXML zu nutzen.

Ein Sequenzdiagramm für die Implementierung dieses Workflows ist in Abbildung 6 dargestellt. Die Implementierung ist auf Basis des degree2-Frameworks erfolgt.

4.3. Anwendungsfall 3: Prototypische Managementzonenkarte erstellen

Die Identifikation von Zonen mit einer ähnlichen Ertragserwartung, die deshalb

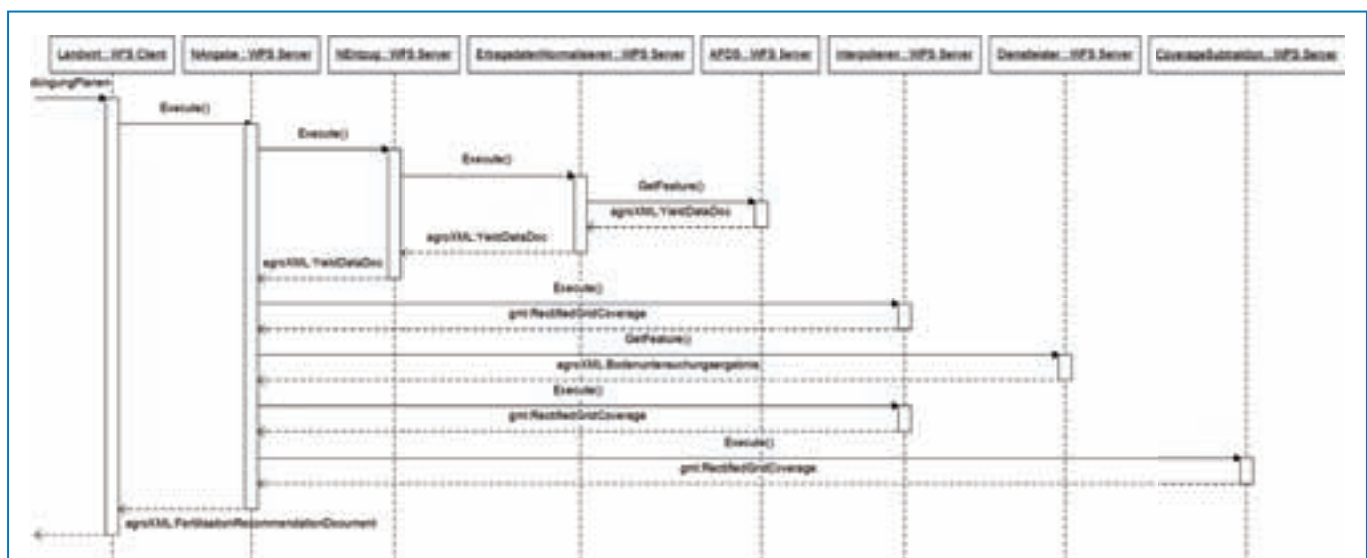


Abbildung 6: Vereinfachtes Sequenzdiagramm der Implementierung der Kalkulation der N-Angabe als verteilte OGC-konforme Web-Dienste

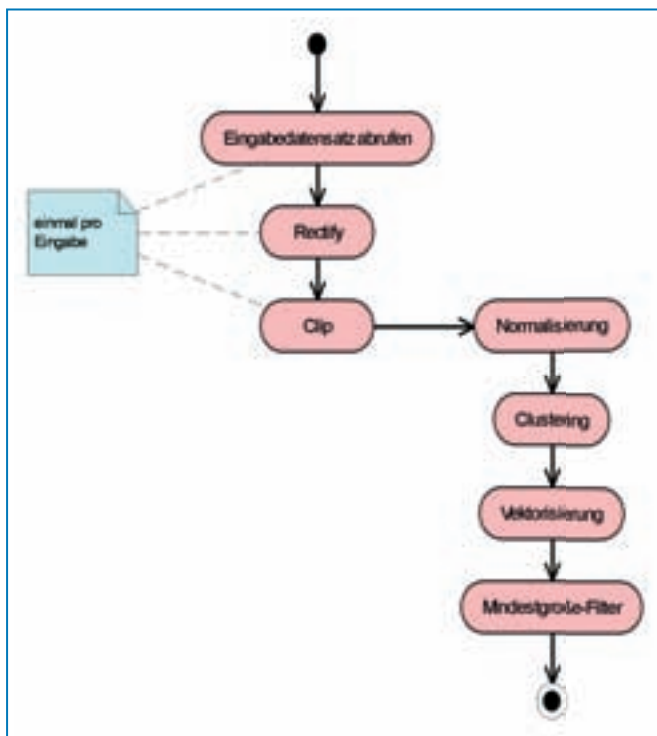


Abbildung 7: Vereinfachtes Aktivitätsdiagramm des Clustering-Verfahrens

auch gleich behandelt werden können, ist eine einfache Strategie für die teilflächen-spezifische Landwirtschaft, weil die Ursachen der Ertragsunterschiede nicht bekannt sein müssen: nur das Ergebnis, d.h. deren Auswirkungen auf die Ertragsmenge wird berücksichtigt. Viele Methoden für die Identifikation der Zonen können praktiziert werden, von der manuellen Zeichnung auf Basis der Ertragskarten oder von Luftbildern, bis hin zu morphologischen Filtern und Pufferung [22]. Neben der manuellen Zeichnung benötigen alle anderen Methoden GIS-Kenntnisse, die von vielen Landwirten oder Beratern nicht erwartet werden können. Eine Automatisierung dieses Verfahrens könnte die Nutzbarkeit dieser Methode steigern. Wir gehen aber davon aus, dass nur eine prototypische Karte automatisch generiert werden kann: der Landwirt muss seine Kenntnisse nutzen oder vor Ort bestimmen, ob die resultierenden Zonen sinnvoll sind und ggf. die Zonengrenzen verschieben oder Zonen zusammenlegen.

Wir präsentieren hier die Nutzung eines Clustering-Algorithmus, der Pixel mit ähnlichen Werten in mehreren Raster-basierten Eingabedatensätze gleich klassifiziert. Insbesondere haben wir das Hill-Climbing Clusteringverfahren [23] verwendet. Als Eingabedatensätze eignen sich Ertragsdaten, die von den meisten Landwirten, die

bereits PF nutzen, erfasst werden [24], aber auch andere Datensätze wie Fernerkundungsdaten oder ein DGM bzw. dessen abgeleitete Produkte wie den Topographic Wetness Index [25]. Es muss dabei berücksichtigt werden, dass noch nicht geklärt ist, wie die Ergebnisse mit unterschiedlichen Eingangsdatenarten zu Interpretieren sind (d.h. ob die Zonen tatsächlich eine ähnlich Ertrags-erwartung haben, ob man sie wirklich gleich behandeln soll und ggf. welche

Maßnahmen durchgeführt werden sollen). Für unsere Beispiele in diesem Beitrag nutzen wir deshalb nur Ertragsdaten, wodurch eine einfache statistische Auswertung der Zonierung möglich ist.

Der Ablauf der Datenverarbeitung ist in Abbildung 7 dargestellt. Die Abbildung ist etwas vereinfacht: die Vorbereitung (Rectify, Clip, Normalise) muss für jeden Eingangsdatensatz (ggf. parallel) gemacht werden. Als Normalisierungsmethode wird der Mittelwert jedes Datensatzes auf 1.0 normalisiert. Wir gehen hier davon aus, dass die Eingabedatensätze bereits als Rasterdaten vorhanden sind: für Fernerkundungsdaten ist das normalerweise der Fall, aber Ertragsdaten sind üblicherweise als Punktdaten erfasst. Diese Punkte werden erst wegen Fehlmessungen gefiltert und danach interpoliert oder mittels Kriging behandelt, um eine fertige Ertragskarte zu erstellen, was auch in einer Erweiterung dieses Anwendungsfalles mit GDI-Technologien automatisiert werden könnte. Nach dem Clustering werden die Zonen vektorisiert und alle Zonen mit einer Fläche unter einem Grenzwert mit benachbarten Zonen zusammengelegt, weil zu kleine Zonen nicht praktisch bewirtschaftet werden können.

Für die Lieferung von Rasterdatensätzen eignet sich die WCS-Schnittstelle. Weil

die Abfrageparameter auch das erwünschte Koordinatensystem und die Rastergröße enthalten, fällt die Entzerrung (Rectification) weg. Als Clip-Funktion kann eine Rastermultiplikation zwischen den Eingabedaten und einer binären Maske verwendet werden. Weil der Clustering-Algorithmus auch verschiedene Statistiken generiert (Mittelwert für jede Zone und Eingabe und Varianz), die als Qualitätsmaß benutzt werden können, wird die Vektorisierung mit dem Clustering integriert, d.h. der Clustering-Dienst liefert Vektordaten mit den entsprechenden Statistik als Attribute.

Für Rasterdatenübertragungen werden georeferenzierte binäre Formate wie GeoTIFF benutzt, für allgemeine Vektordaten normalerweise GML und für landwirtschaftsspezifische Vektordaten agroXML. Eine Ausnahme ist die Übertragung der Ergebnisse zum Client: weil der Landwirt die Zonen mit verschiedenen Softwareprodukten visualisieren bzw. weiterarbeiten könnte, werden hier beide generalisierte (Google KML, GML, Shapedatei) und spezialisierte (agroXML) Formate angeboten. Abbildung 8 zeigt ein vereinfachtes Sequenzdiagramm, das den zeitlichen Ablauf der Managementzonenkarte mit einer Implementierung als OGC-Dienst darstellt.

Die Implementierung dieses Anwendungsfalles ist auf Basis von deegree2 (WPS), GeoServer (WCS) und GeoTools (Rasterdatenbearbeitung) erfolgt. Der gesamte Workflow ist wieder als ein aggregierter Dienst angeboten. Die benötigten Einzeldienste werden automatisch von einem lokalen Katalog ausgewählt. Die Suche in dem Katalog erfolgt auf Basis von Prozessname, -eingabennamen, -ausgabennamen und Keywords. Der lokale Katalog kann nachher mit einem externen, web-basierten Katalog (z.B. CS-W) ersetzt werden.

5. Diskussion

Wir haben in diesem Beitrag eine Analyse landwirtschaftlicher Anwendungsfälle für den Einsatz standardisierter Schnittstellen und Datenübertragungsformate präsentiert. Insbesondere die Möglichkeiten zum Einsatz der OGC-Standards zusammen mit branchenspezifischen Standards wurden hier untersucht. Ähnliche Arbeiten für den Einsatz von GDI-Technologien bzw. WPS-Diensten im Bereich des Risikomanagements [9], der Katasterauskunft [26], der Grundwassergefährdung und ►

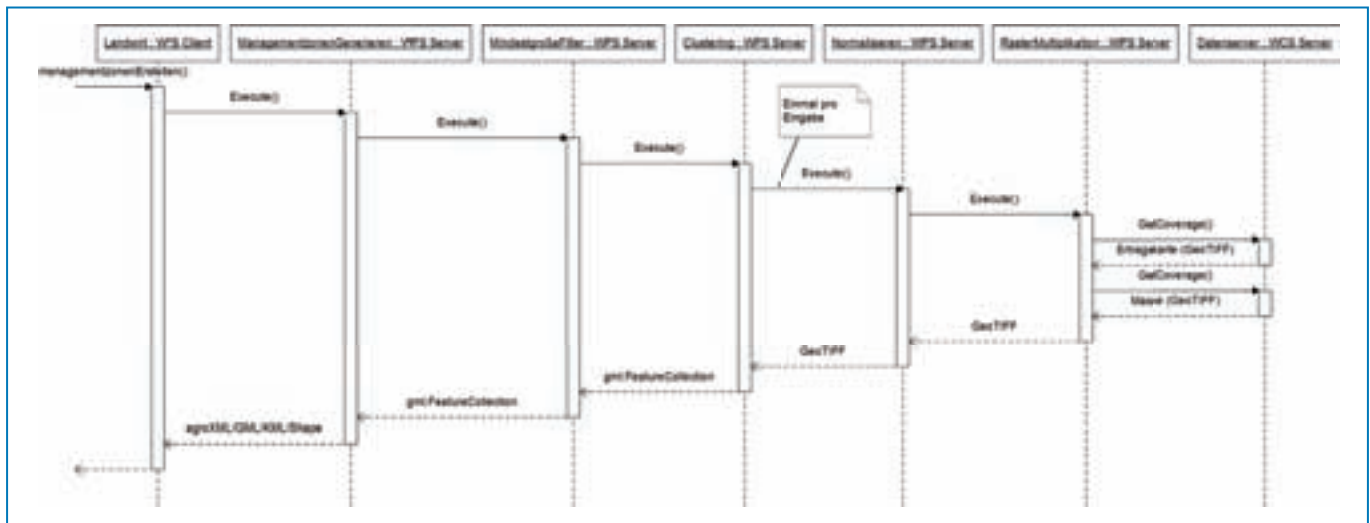


Abbildung 8: Vereinfachtes Sequenzdiagramm der Generierung von Managementzonen mit OGC-konformen Diensten

der NDVI-Kalkulation [27] usw. sind in der letzten Zeit publiziert geworden. Es gibt aber noch offene Fragen, ob Web-Services für Geoinformation und insbesondere Geoprocessing-Dienste sinnvoll sind, und ob die Nutzung der OGC-Standards anstelle der allgemeinen Standards des W3C eine zukunftsfähige Lösung ist [22].

Einer identifizierter Nachteil der „Service-Oriented Architecture“ für Geoinformation sind die großen Datenmengen, die übertragen werden müssen und dadurch lange Übertragungs- und Bearbeitungszeiten verursachen [22]. Die Forschung im Bereich der Leistungsfähigkeit einer GDI für Geoprocessing hat bereits begonnen [28] und es ist zu erwarten, dass die Leistung verbessert wird, wenn die Technologien weiterentwickelt werden. Das Problem der Datenübertragung kann vielleicht nie komplett überwunden werden, weil viele der benötigten Daten von externen Stellen kommen. Für Fälle in denen der Client nur eine langsame Netzwerkverbindung hat, wäre es denkbar, dass die Nutzung externer Geoprocessing-Dienste sogar eine Leistungssteigerung bewirken könnte, da nur die möglicherweise abstrahierten Endergebnisse übertragen werden müssen. Auch für Geräte mit einer begrenzten CPU-Leistung, wie PDAs und andere mobile Geräte, könnte die Einbindung externer Geoprocessing-Dienste vorteilhaft sein.

Ein Vorteil der Nutzung externer Geoprocessing-Dienste ist die Möglichkeit, neue Algorithmen und Modelle publizieren zu können, ohne die Client-Software

zu ändern. Besonders in relativ neuen Bereichen wie Precision Farming, wo solche neuen Modelle (z.B. für Pflanzenwachstum) ständig entwickelt werden, und der Endanwender nur ungern neue Software lernen will, könnte die Verbreitung von Web-Diensten die Adoption neuer Methoden beschleunigen.

Das Problem der Inkompatibilität der OGC-basierten Dienste mit WSDL-basierten Diensten soll in näherer Zukunft gelöst werden, in dem die OGC-Schnittstellen auch mittels WSDL definiert werden. Die Vielfalt der Werkzeuge für die Orchestrierung WSDL-basierter Web-Dienste wird danach auch für OGC-basierte Dienste verwendbar, obwohl es nicht zu erwarten ist, dass alle Geschäftsprozess-orientierten Werkzeuge auch für (geo-)wissenschaftliches Workflow-Management geeignet sind, weil die Anforderungen und Herangehensweise unterschiedlich sind [29].

6. Zusammenfassung und Ausblick

Wir haben in diesem Beitrag eine Anwendungsfallanalyse präsentiert, um die Verwendbarkeit von Web-Diensten und insbesondere die OGC-Schnittstellenstandards in der Landwirtschaft zu zeigen. Die GDI-Technologien können sowohl einfache Datenübertragungen zwischen Vertragspartnern automatisieren als auch komplexe Geoprozessierungsverfahren mittels verteilter Dienste zur Verfügung stellen.

Wir haben argumentiert, dass die OGC-Standards eine gute Wahl für viele Anwendungen in PF sind, nicht zuletzt

weil die räumlichen Aspekte der PF-Daten von großer Bedeutung sind. Die Nutzung externer Datenhaltung und –verarbeitung könnte insbesondere für Mobilgeräte und Rechner mit einer niedrigen Leistung vorteilhaft sein. Das Modell der aggregierten Dienste ist besonders für Endbenutzer mit weniger GIS- bzw. EDV-Erfahrung geeignet, da viel Komplexität verborgen wird. Zukünftige Entwicklungen in der Kompatibilität der OGC-Schnittstellen mit allgemeinen Schnittstellenstandards und im Bereich der Leistungsoptimierung für GDIs werden die Attraktivität der SOA für Geodaten steigern. ■

Danksagung

Wir bedanken uns beim Bundesministerium für Bildung und Forschung für die Förderung der Arbeiten im Rahmen des *preagro*-Projekts (Förderkennzeichen 0330663).

AUTOREN

1 Institut für Management ländlicher Räume,
Agrar- und Umweltwissenschaftliche
Fakultät, Universität Rostock,
Justus-von-Liebig-Weg 6,
D-18059 Rostock
{edward.nash | ralf.bill}@uni-rostock.de

2 Institut für Landschaftssystemanalyse,
Leibniz-Zentrum für Agrarlandschafts-
forschung (ZALF) e.V.,
Eberswalder Straße 84,
D-15374 Müncheberg
bobert@zalf.de

Literatur:

- [1] M. Reichardt, C. Jürgens: The Farmer View on the Usability of Precision Farming in Germany - Results of a Multitemporal Survey. In: Proceedings of XVI CIGR World Congress 2006, Bonn: Agricultural Engineering for a Better World. VDI Verlag GmbH, Düsseldorf. ISBN: 3180919582, ISSN: 00835560
- [2] S.M. Pedersen, S. Fountas, B.S. Blackmore, M. Gylling, J.L. Pedersen: Adoption and perspective of precision farming in Denmark. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B, Soil and Plant Science* 54 (1) 2-6. 2004
- [3] W.J. Wiebold, K.A. Sudduth, J.G. Davis, D.K. Shannon, N.R. Kitchen: Determining barriers to adoption and research needs of precision agriculture, Report to the North Central Soybean Research Program. 1998. Verfügbar unter <http://www.fse.missouri.edu/mpac/pubs/parpt.pdf> (26.02.2007)
- [4] N.R. Kitchen, C.J. Snyder, D.W. Franzen, W.J. Wiebold: Educational needs of precision agriculture. *Precision Agriculture* 3 (4) 341-351. 2005.
- [5] G. Booch, J. Rumbaugh, I. Jacobson: Das UML-Benutzerhandbuch. Addison-Wesley, Bonn. 1999.
- [6] J. Seemann, J. Wolff von Gudenberg: Software-Entwurf mit UML. Springer-Verlag, Berlin. 2000.
- [7] ISO/OMG: Unified Modeling Language Specification Version 1.4.2. 2005. Verfügbar unter <http://www.omg.org/cgi-bin/doc?formal/01-09-67> (14.05.2007)
- [8] AdV: GeoInfoDok. Verfügbar unter <http://www.adv-online.de/extdeu/broker.jsp?uMen=4b370024-769d-8801-e1f3-351ec0023010> (08.06.2007)
- [9] B. Stollberg, M. Lutz, N. Ostländer, L. Bernard: Geoprozessierung in Geodateninfrastrukturen – Aufgaben für die nächste Generation. *GIS* 10 (2) 22-27. 2007.
- [10] J. Spilke, K. Zürnstein: Webservices – Beschreibung eines Ansatzes zur Anwendungskopplung und von Nutzungsmöglichkeiten im Agrarbereich. *Zeitschrift für Agrarinformatik* 3 (2) 33-40. 2005.
- [11] G. Steinberger, M. Rothmund: Webba- siertes Informationsmanagement in der Landwirtschaft. In: M. Schilcher (Hrsg.): Tagungsband zum 12. Münchner Fortbil- dungsseminar Geoinformationssysteme 14.-16.03.2007. ISBN 3935049801, ISSN 16173562.
- [12] F. Straub, J. Stahl: Geo Web Services für das Prozessdatenmanagement zur Unterstützung einer freiwilligen Selbstkon- trolle im Pflanzenschutz. In: M. Schilcher (Hrsg.): Tagungsband zum 12. Münchner Fortbildungsseminar Geoinformationssyste- me 14.-16.03.2007. ISBN 3935049801, ISSN 16173562.
- [13] G. Steinberger, M. Rothmund, D. Marti- ni, C. Spietz, D. Mallon, E. Nash: Integration von agroXML in eine landwirtschaftliche Geodateninfrastruktur. *Landtechnik* 62 (2) 114-115. 2007.
- [14] E. Nash, M. Kofahl: Specialist SDIs to support business processes. In: J. Suarez, B. Markus (Hrsg.): Proceedings of the 9th AGILE Conference on Geographic Informati- on Science, Visegrád, Ungarn. 72-80. 2006.
- [15] P. Duschene, J. Sonnet (Hrsg.): WCS change request: support for WSDL & SOAP. Open Geospatial Consortium, Inc.: Wayland, MA, USA. 2005.
- [16] P. Duschene, J. Sonnet (Hrsg.): WMS change request: support for WSDL & SOAP. Open Geospatial Consortium, Inc.: Wayland, MA, USA. 2005.
- [17] M. Egenhofer: What's special about spatial?: Database requirements for vehicle navigation in geographic space. *ACM SIG- MOD Record* 22 (2) 398-402. 1993.
- [18] S. Tu, M. Abdelguerfi: Web services for geographic information systems. *IEEE Internet Computing* 10 (5) 13-15. 2006.
- [19] P. Vretanos (Hrsg.): Web feature service implementation specification. Open Geo- spatial Consortium, Inc.: Wayland, MA, USA. 2005.
- [20] N. Alameh: Chaining Geographic Information Web Services. *IEEE Internet Computing* 10 (5) 22-29. 2006.
- [21] G. Steinberger, M. Rothmund, H. Auernhammer: Agricultural Process Data Service (APDS). In: Proceedings of XVI CIGR World Congress 2006, Bonn: Agricultural Engineering for a Better World. VDI Verlag GmbH, Düsseldorf. ISBN: 3180919582, ISSN: 00835560.
- [22] B. Whelan, A. McBratney: Definition and interpretation of potential management zones in Australia. In: Solutions for a better environment: Proceedings of the 11th Australian Agronomy Conference, 2-6 Feb 2003, Geelong, Victoria. Australian Society of Agronomy. 2003.
- [23] J. Rubin: Optimal Classification into Groups: An Approach for Solving the Taxono- my Problem. *Journal of Theoretical Biology* 15 (1) 103-144. 1967.
- [24] M. Reichardt: Was halten die Landwirte vom präzisen Landbau? *Landtechnik* 62(1) 28-29. 2007.
- [25] F. Schmidt: Hochgenaue Digitale Geländemodelle - Untersuchungen zur Erstellung, Analyse und Anwendung in der Landwirtschaft. Doktorarbeit an der Agrar- und Umweltwissenschaftlichen Fakultät der Universität Rostock. 2003.
- [26] C. Heier, C. Kiehle: Automatisierte Liegenschaftsauskunft mittels OGC Web Processing Service. *GIS* 9 (7) 12-16. 2006.
- [27] C. Kiehle, K. Greve, C. Heier: Stan- dardized geoprocessing – taking spatial data infrastructures one step further. In: J. Suarez, B. Markus (Hrsg.): Proceedings of the 9th AGILE Conference on Geographic Information Science, Visegrád, Ungarn, 20.- 22.04.2006. ISBN 963229422X. 273-282.
- [28] M. Scholten, R. Klamma, C. Kiehle: Evaluating performance in spatial data infrastructures for geoprocessing. *IEEE Internet Computing* 10 (5) 34-41.
- [29] E. Jäger, I. Altintas, J. Zhang, B. Ludäscher, D. Pennington, W. Michener: A scientific workflow approach to distribut- ed geospatial data processing using web services. In: J. Frew (Hrsg.): Proceedings of the 17th International Conference on Scien- tific and Statistical Database Management, 27-29 June 2005, University of California, USA. 87-90. 2005.