

# **Interoperable Analysen in Geodateninfrastrukturen - Untersuchungen zur Entwicklung von Taxonomien von GIS- Operationen für die Definition von WPS-Profilen**

Georg WALENCIAK, Alexander ZIPF

Universität Heidelberg, Geographisches Institut, Lehrstuhl für Geoinformatik  
{walenciak, zipf}@uni-heidelberg.de

## **Zusammenfassung**

Die Beschreibung und Strukturierung von räumlichen Analysen und der hierbei verwendeten Analyseschritte und GIS-Operationen ist eine wesentliche Aufgabe zur Weiterentwicklung von Web-gestützten Geographischen Informationssystemen. Dies gilt für alle geographischen Fragestellungen, die von klassischen GIS-Analysen profitieren - d.h. von ökologischen bis hin zu wirtschafts- und sozialgeographischen Fragestellungen. Während frühere Arbeiten hierzu auf einer abstrakten Ebene stehen blieben, sind derartige Erkenntnisse nun von hoher praktischer Relevanz für die Entwicklung interoperabler Geoinformationssysteme der nächsten Generation. Um sich diesem Ziel zu nähern, ist eine eindeutige syntaktische und semantische Beschreibung der GIS-Analysen Voraussetzung. Hierbei sind Basisoperationen als Werkzeugkasten in eine Hierarchie höherwertiger Analyseschritte und zu untersuchender Teilfragestellungen einzuordnen. Diese Arbeit bietet einen Überblick über die bisherigen Arbeiten zum Thema und diskutiert diese. Im Ergebnis erfolgt eine Bewertung der bisherigen OGC-Spezifikation für die Prozessierung und Analyse im Rahmen von Geodateninfrastrukturen (GDI).

## **1 Einführung**

Konventionelle GIS unterstützen die Erstellung komplexer „Workflows“ für konkrete GIS-Analysen bisher nur auf proprietäre Art und Weise. Dies behindert die Interoperabilität beim Zusammenspiel mit mehreren GIS-Systemen. Diese ist notwendig, da zunehmend GIS-Funktionen als kleine modularisierte Web-Dienste zur Verfügung gestellt werden, die dann zum Aufbau komplexerer GIS-Anwendungen genutzt werden. Dieser Trend zu web-basierten Anwendungen gerade im Bereich GIS wird u.a. auch durch den Aufbau regionaler, nationaler und internationaler Geodateninfrastrukturen (GDI) vorangetrieben (vgl. INSPIRE 2007), die technisch auf diesen GI-Webdiensten basieren und die erforderliche Geodatenbasis zur Verfügung stellen. Daher ist es notwendig, dass Methoden und Vorgehensweisen identifiziert und bewertet werden, wie die relevanten GIS-Analysen einer ausgewählten Domäne konzeptionell und formal beschrieben und eingeordnet werden können.

Dabei muss zum einen die Menge der relevanten Analysen erhoben werden. Zum anderen ist es notwendig, dass die einzelnen Analysen hinsichtlich ihrer internen Struktur (d.h. die verwendeten Teilschritte und Basisoperationen) untersucht werden. Auf jeder Ebene müssen die relevanten Funktionen mit ihren Eigenschaften, Parametern und unterstützten Datentypen formal beschrieben werden. Wenn diese Typisierung und Beschreibung der Operationen und Analyseverfahren vorliegt, können sie für konkrete mit GIS untersuchte Fragestellungen genutzt werden. Somit können durch Kombination der verschiedenen Basiswerkzeuge übergeordnete Fragestellungen behandelt werden. Eine derartige Arbeit ist zunächst v.a. auf konzeptueller Ebene anzusiedeln und kann als wissenschaftliches Fundament für die Weiterentwicklung entsprechender Standardisierungsbestrebungen dienen. Ein übergeordnetes langfristiges Ziel dieser Forschungsaufgabe ist es somit, den Zugang zu Geanalysen durch das Verbessern des Verständnisses des Zusammenspiels unterschiedlicher GIS-Analysen zu erleichtern.

## **2 Zur Klassifikation von GIS-Analysen**

Gemäß der vorangegangenen Erläuterungen ist es ein wichtiges Forschungsziel ein Klassifikationsschema von GIS-Analysen zu erstellen und Handreichungen zu entwickeln, wie derartige Klassifikationsschema für verschiedenen Domänen realisiert werden können. Hierzu müssen die GIS-Analysen verschiedener Domänen untersucht werden. Die dabei identifizierten GIS-Analysen müssen hinsichtlich ihrer Funktionalität geordnet bzw. klassifiziert werden. Wie im Folgenden dargestellt, existieren schon verschiedene Ansätze um GIS-Analysen zu strukturieren. Diese sind jedoch i.d.R. nicht detailliert genug, um das Ziel der Entwicklung interoperabler GIS-Analysen ausreichend umsetzen zu können, oder sie sind zu generisch, um domänen-spezifische Besonderheiten berücksichtigen zu können. Wesentliche Ansätze sowie deren Vor- und Nachteile hinsichtlich Interoperabilität werden im Folgenden dargestellt:

Goodchild (GOODCHILD 1987) unterscheidet zwischen sechs grundlegende Klassen von Analysen: Operationen, die nur auf die Attribute von einer Klasse von Objekten zugreifen (Attributanalyse), Operationen, die auf Attribute und Geometrieinformationen von einer Klasse von Objekten zugreifen, Operationen, die Objektpaare aus einer oder mehrerer Klassen von Objekten erstellen, Operationen, die die Attribute von Objektpaaren analysieren, Operationen, die Attribute und räumliche Informationen von mehr als einer Objektklasse oder mehr als ein Objektklassenpaares benötigen und Operationen, die eine neue Klasse von Objekten aus existierenden Klassen erstellt. Dabei betrachtet Goodchild in erster Linie die Eigenschaften der eingehenden Daten und nicht die Funktion der Analyse aus Anwendersicht. Lediglich eine Klasse betrachtet auch Eigenschaften der ausgehenden Datentypen. Die Arbeit hat Vektoranalysen im Fokus und vernachlässigt teils die Bedeutung von Rasteranalysen.

Die als Map Algebra bekannte grundlegende Taxonomie von Tomlin (TOMLIN 1990) unterscheidet zwischen lokalen (individual), fokalen (locations within neighborhood), zonalen (zonal) und globalen Analysen (global). Allerdings hat diese Unterscheidung einen starken Fokus auf Rasteranalysen. Wegen ihrer weiten Verbreitung ist zu erwarten, dass Varianten dieser Map Algebra in zukünftigen Spezifikationen als Profil Niederschlag findet.

Burrough (BURROUGH 1992) unterteilt die GIS-Analysen in neun Klassen. Seine Klassifikation überschneidet sich teils mit der von Goodchild, bezieht allerdings die wichtigen Rasteranalysen mit ein. Beiden Ansätze ist jedoch gemein, dass sie sich im Wesentlichen auf die Eigenschaften der Input- bzw. Outputdaten konzentrieren.

Chrisman (CHRISMAN 1999) hebt in seinem Ansatz den Charakter der Transformation hervor. Dabei geht er davon aus, dass in einer Analyse Daten von einem Zustand in einen nächsten Zustand transformiert werden. Er unterteilt die Analysen in vier Klassen: Transformation durch Extraktion, Transformation aufgrund von Attributen, Transformation aufgrund von Geometrie und komplette Transformation. Dabei ist entscheidend inwiefern die notwendige Information in den Daten selber enthalten ist, oder ob diese durch andere Beziehungen abgeleitet werden. Dabei beschränkt sich der Ansatz von Chrisman allerdings weitestgehend auf die Transformation von kontinuierlichen Daten.

Eine der jüngeren Arbeiten ist der monohierarchische Ansatz von Albrecht (ALBRECHT 1995), der GIS-Basisanalysen aus Anwendersicht strukturiert. Damit kommt er dem gewünschten Ziel näher. Albrecht definiert sechs Analysefunktionen: Suche (Search), Ortsbezogene Analyse (Locational Analysis), Terrain Analyse (Terrain Analysis), Distribution/Nachbarschaft (Distribution/Neighbourhood), Räumliche Analyse (Spatial Analysis) und Messung (Measurement). Die Stärke in dem vorliegenden Ansatz liegt in der starken anwenderzentrierten und intuitiven Sichtweise. Ebenso ist das Schema gut dazu geeignet, Analysefunktionen bezüglich einer gegebenen Fragestellung zu finden, da es an der Funktionalität ansetzt. Die einzelnen Kategorien bedürfen allerdings noch weiterer Unterkategorien, da sie noch sehr allgemein gehalten sind und somit eine große Anzahl durchaus noch heterogener Analysen in einer Kategorie zusammenfassen. Damit genügen sie noch nicht der Anforderung, dass hieraus formale Spezifikationen für interoperable GI-Webdienste abgeleitet werden können.

Göbel und Zipf (GÖBEL 2008) klassifizieren speziell 3D GIS-Analyse-Funktionen und zeigen zudem erste Möglichkeiten, wie diese in WPS-Profilen abgebildet werden können. Sie bieten eine Klassifikation die unabhängig vom Datenmodell ist. Dabei werden jeweils für 2.5D und 3D eigenständige Klassifikationen durchgeführt. Die Analysen lassen sich dabei in die Klassen Kreation und Transformation, Geometrische Analyse, Topologische Analyse und gemischte Analyse unterscheiden. Die jeweiligen Klassen bieten jeweils in 2.5D und 3D eigene Analysemöglichkeiten wobei einige Methoden sowohl in 2.5D als auch in 3D verwendet werden können. Weiter unterscheiden sie zwischen generischen Basisanalysen und domänenspezifischen Analysen und präsentieren eine Möglichkeit 3D-Funktionen der Domäne „Stadtplanung“ zu klassifizieren. Dabei wird deutlich, dass zum einen Funktionen mit einem spezifischen inhaltlichen Hintergrund benötigt werden, sowie aber auch Funktionen, die sich den generischen Basisanalysen zuordnen lassen. Eine Unterscheidung zwischen Basis- und Domäne erscheint dabei besonders im Zusammenhang mit anwendungsbezogenen GIS-Analysen sinnvoll.

Somit besteht bei der Klassifikation bzw. der Strukturierung von GIS-Analysen über diese Top-Level-Ansätze hinausgehender Forschungsbedarf. Insbesondere hinsichtlich der Klassifikation von GIS-Analysen in unterschiedlichen Anwendungsdomänen im Gegensatz zu generischen Operationen und deren Zusammenspiel gibt es nur wenige ausreichend tiefgehende Arbeiten, sondern v.a. viele ungelöste Fragen.

### 3 Spezifikation von GIS-Analysen

Der eindeutigen und formalen Beschreibung von GIS-Analysen kommt aus verschiedener Sicht eine hohe Bedeutung zu (RIEDEMANN et al. 1999, EGENHOFER 2002). Ein wesentliches Ziel ist es, sicherzustellen, dass eine GIS-Analyse für einen Anwender die für ihn gewollte Funktionalität anbietet. Ein weiterer Anwendungsfall ist die automatische Verketten von Analysen zu komplexeren Workflows. Hierbei muss auf die entsprechenden semantischen Informationen zurückgegriffen werden. In beiden genannten Anwendungsfällen kann von semantischer Interoperabilität gesprochen werden. Die Einbindung von Semantik in raumbezogene Fragestellungen wird in der GIScience aus verschiedenen Perspektiven untersucht. Dabei konzentrieren sich die meisten bisherigen Arbeiten allerdings auf die Semantik von Geodaten. Es wird versucht mit Hilfe von Ontologie die inhaltliche Bedeutung bzw. Semantik von Geoobjekten zu beschreiben (z.B. BISHR 2007, FRANK 2001, KUHN 2005). Dabei werden mittels Beschreibungslogik Objekte formal beschrieben. Diese Modellierung soll die inhaltliche Bedeutung widerspiegeln. Nur wenige Arbeiten beschäftigen sich mit der Semantik von Prozessen. So versucht Lutz (LUTZ 2007) mittels mehreren Ausprägungen der Beschreibungslogik räumliche Analysen eindeutig zu beschreiben. Dazu definiert Lutz als Grundlage einen Satz an Axiomen. Anschließend werden diese Axiome mittels Operatoren miteinander verknüpft. Die Axiome repräsentieren dabei räumliche Gegebenheiten bzw. Sachverhalte. Ein Beispiel hierfür sind die unterschiedlichen Bedeutungen des Begriffs „Distanz“ (Luflinie vs. auf einem Ellipsoid etc.), wie sie Lutz (LUTZ 2007) diskutiert. Dort werden beispielsweise die Axiome Länge (length), Kurve (curve) und kürzeste Kurve (shortest curve) definiert. Die Bedingungen ergeben sich nun aus der Verknüpfung der Axiome mittels logischer Operatoren. Nun können auf diese logischen Verknüpfungen Abfragen gestellt werden, die inhaltliche Aspekte der jeweiligen Analyse repräsentieren.

### 4 Geographische Analysen in Geodateninfrastrukturen per WPS

Die oben genannten Überlegungen zur Klassifikation von GIS-Analysen gewinnen durch die Tendenz GIS-Funktionen als Web-Services zur Verfügung zu stellen an praktischer Relevanz. Nach diversen Definitionen ist das Ziel einer Geodateninfrastruktur Geodaten für eine Vielzahl von Nutzern zugänglich zu machen (ADV, NEBERT 2004). Um dies zu erreichen werden Technologien, Standards, Regelungen und personelle Ressourcen eingesetzt. Einer der Hauptkritikpunkte ist die stark datenorientierte Sichtweise auf Geodateninfrastrukturen. So wird häufig der Datenaustausch als das wichtigste Motiv der Geodateninfrastrukturen betrachtet (ADV, NEBERT 2004). Im Gegensatz dazu konzentriert sich diese Arbeit auf die Bedeutung der Dienste und folgt somit Ansätzen einer diensteorientierten Betrachtung von GDI (vgl. BERNARD 2009). Die Einbeziehung weitere Aspekte wie Geoprozessierung (hier werden zwar Daten verändert, aber kein neues Wissen geschaffen - z.B. bei einer Koordinatentransformation) oder echte GIS-Analysen (aus geographischer Sicht) unterbleibt meist.

Erst mit der Spezifikation des Web Processing Service 1.0 (WPS) des Open Geospatial Consortiums (SCHUT 2007) wurde ein Standard zur Prozessierung von raumbezogenen Daten geschaffen. Die Spezifikation beinhaltet eine generische Schnittstelle. Sie definiert

inhaltliche und technische Aspekte der Kommunikation zwischen einem Client und einem Server. Die technische Seite definiert anhand welcher Netzwerkprotokolle Client und Server miteinander kommunizieren und mittels welcher Kodierungen Informationen und Daten ausgetauscht werden. Die inhaltliche Seite definiert welche Informationen über einen Server und über die angebotenen Prozesse zur Verfügung gestellt werden müssen. Zu diesen Informationen gehören Bezeichner und Beschreibungen der einzelnen Prozesse und die Bezeichner und Datentypen des jeweiligen Input und Output. Zurzeit arbeitet die WPS 2.0 Standard Working Group an einer Überarbeitung der WPS 1.0 Spezifikation (OGC 2011). Es ist vorherzusehen, dass eine WPS 2.0 Spezifikation in absehbarer Zeit als neuer OGC-Standard angenommen wird. In der Literatur wird der WPS aus verschiedenen Perspektiven behandelt. Brauner et al. (BRAUNER 2009) sehen v.a. Forschungsbedarf bei drei Themen: Service Orchestrierung, Semantische Beschreibung, sowie bei Strategien um die Peformance zu verbessern. Für die hier betrachtete Frage der Interoperabilität sind lediglich die ersten beiden relevant. Auch Kiehle et al. (KIEHLE 2007) sehen auf Basis des damals neu erarbeiteten Standard WPS 1.0. weiteren Forschungsbedarf zur Orchestrierung von Prozessen sowie deren semantischen Beschreibung. Yang et al. (YANG et al. 2009) benennen dagegen sechs Forschungsthemen im Zusammenhang mit verteilter Geoprozessierung: Architektur verteilter Systeme, Spatial Computing, Interoperabilität, Intelligenz und anwendende Wissenschaft.

## 5 Anwendungsbeispiele des Web Processing Service

Wegen der großen Bedeutung der Analyse als Hauptkomponente von GIS und des Trends zu Internet-basierten Anwendungen gibt es eine Reihe von Arbeiten, die anhand verschiedener Anwendungsbereiche aufzeigen, dass und wie sich Funktionen zur Analyse und zum Prozessieren von Geodaten mittels der WPS 1.0 Spezifikation umsetzen lassen und welche Erfahrungen damit gemacht wurden.

Frühe Beispiele der Nutzung von WPS (ein Anspruch auf Vollständigkeit ist nicht mehr möglich) betreffen die Kapselung einfache GIS-Operationen in unterschiedlichen Anwendungsbereichen von Waldbrand (STOLLBERG et al. 2007), Katastrophenmanagement (WEISER et al. 2006, STOLLBERG & ZIPF 2007), bis hin zu Wassermanagement (DIAZ et al. 2007) oder auch Generalisierung (FORSTER 2006). Auch Fragen zur Performanz von WPS wurden behandelt (SCHOLTEN et al. 2006). Aktuellere Arbeiten untersuchen u.a. wie WPS um Transaktionen erweitert werden kann (SCHÄFFER 2008), oder ob statt der Daten der Code im Netzwerk wandern sollte (MÜLLER et al. 2010).

Brauner (BRAUNER 2009) zeigt ein Verfahren, das automatisiert GIS-Methoden der GIS-Software GRASS zur Verfügung stellt. Dabei werden Prozessinformationen von GRASS genutzt, um die wesentlichen Bausteine der Schnittstelle zu generieren. Ähnlich bietet der aktuelle ArcGIS Server die Möglichkeit automatisch WPS-Prozesse aus seinen Operationen zu generieren. Damit wird aber das Ziel der Interoperabilität genau nicht erreicht, denn die unterschiedlichen GIS-Systeme verwenden unterschiedliche Bezeichner und Parameter (Namen und Datentypen) für ähnliche oder gar konzeptionell gleiche Operationen. Damit ist es einem Client nicht möglich die „gleichartige“ Funktion des jeweils anderen Dienstes (WPS-Prozesses) in identischer Form aufzurufen, sondern muss alle Namen und Parameter

anpassen. Die Interoperabilität wird dabei lediglich auf den Austausch des „Briefumschlags“ (der execute-Methode) beschränkt.

Mit dem Web Processing Service (WPS) sollen auch höherwertige GIS-Prozesse in GDI ermöglicht werden. Neben einfachen Beispielen zu Puffer und Verschneidung wurden auch schon erste anspruchsvollere 2D- oder 3D-Analysefunktionen mit WPS vorgestellt. Verschiedene Beispiele zeigen die Nutzbarkeit in unterschiedlichen Anwendungsszenarien auf: So diskutieren Eder und Zipf (EDER & ZIPF 2010) Möglichkeiten, Windsimulationsmodelle mittels WPS in 3D Geodateninfrastrukturen einzubetten. Lanig und Zipf (LANIG & ZIPF 2010a, b) zeigen Dienstorchestrierung am Beispiel der Solarpotentialanalyse, der Verarbeitung von Geländemodellen bzw. des Landmanagements. Bergenheim et al. (BERGENHEIM 2009) beschreiben eine Generalisierungsfunktion, die als Operation des Programms GRASS über die WPS-Schnittstelle angeboten wird. Mayer et al. (MAYER et al. 2009) nutzen einen WPS zur Verarbeitung von TMC-Verkehrsinformationen und deren Nutzung in auf OSM basierenden Routenplaner. Auch weitere Sensordaten wurden schon verschiedentlich per WPS aufbereitet (STAMM und BURBECK 2010).

Die aufgezeigten Beispiele zeigen, dass es sowohl theoretisch als auch praktisch möglich ist unterschiedlichste Geoprozesse und Analysefunktionen über WPS Schnittstellen zu kapseln und umzusetzen. Als Forschungsfrage bleibt jedoch, wie dieser aktuell entstehende Wildwuchs an unterschiedlichsten Prozessen in interoperabler Form zusammenspielen kann. Die angebotenen Analyse- und Prozessierungsoperationen sollen also von unterschiedlichen Clients aus gemeinsam genutzt werden oder gar, wie im nächsten Abschnitt beleuchtet, zu komplexeren Workflows zusammengefügt werden.

## 6 Verkettung von Geoprozessen zu fachlichen Workflows

Neben der beschriebenen exemplarischen Umsetzung verschiedener GIS-Funktionen werden in anderen Arbeiten weitere für WPS relevante Aspekte untersucht: Im Rahmen von Untersuchungen zur verteilten Geoprozessierung unter Nutzung des WPS-Standards wurden verschiedene technische Werkzeuge evaluiert, um einzelne Analysen zu einem Workflow, der eine komplexere Gesamtanalyse abbildet, zu verketteten. Dabei werden verschiedene Methoden um WPS-Prozesse zu verketteten diskutiert. Zu diesen gehören: *Nested WPS*: Die WPS-Schnittstelle bietet die Möglichkeit mittels des Request Prozesse zu verketteten (OGC 2007), *Business Process Execution Language (BPEL)*: WPS-Prozesse werden mit Hilfe von BPEL miteinander verknüpft (WEISER and ZIPF 2007), *Composite-WPS*: Implementierung einer Prozesskette in einem zusammenhängenden Programm (WALENCIAK et al. 2010). *Ein XML Schema*, das eine Reihenfolge definiert in der mehrere Prozesse aufgerufen werden (STOLLBERG & ZIPF 2009).

Prinzipiell handelt es sich bei dieser technisch orientierten Fragestellung des bestmöglichen Ansatzes zur Verkettung von GI-Diensten nicht um ein spezifisch „Geo“-informatisches Thema, sondern die Thematik betrifft beliebige Anwendungsgebiete. Somit wird diese Fragestellung im Wesentlichen von der allgemeinen Informatik-Forschung im Bereich Distributed Computing & Web Services bearbeitet. Dort scheinen sich v.a. Konzepte und Technologien wie BPEL (Business Process Execution Language) in diverse Varianten durchzusetzen. Lediglich die Besonderheit, dass die vom OGC definierten Web-Services teilweise der allgemeinen IT-Entwicklung bzgl. der Unterstützung technischer Spezifikati-

onen wie z.B. SOAP hinterherhinkten und derartige Technologien erst verspätet adaptierten führte dazu, dass die hier üblichen Industriestandards wie BPEL nicht gleich voll unterstützt werden. Relevant für die Interoperabilität ist auch hier v.a. die inhaltliche Spezifikation der zu verkettenden GI-Prozesse. Dies wird im folgenden Abschnitt diskutiert.

## **7 Definition spezifischer Profile des Web Processing Service als Mittel zur Strukturierung von GIS-Analyseprozessen**

Da die WPS-Schnittstelle generisch ist, definiert sie lediglich die Struktur von Analysefunktionen, jedoch keine konkreten Analysen. Um nun auch Interoperabilität hinsichtlich der Analysen zu erreichen, werden Möglichkeiten benötigt, um eine spezifische Analyse, mit bestimmten Ein- und Ausgaben aber auch eine genau definierte Funktionsweise zu definieren. Zur Definition spezifischer Analysen wurde in der WPS 1.0 Spezifikation die Möglichkeit geschaffen Profile zu erstellen.

Ein Profil im Sinne der WPS 1.0 Spezifikation wird im Wesentlichen durch eine eindeutige URN und eine Prozessbeschreibung in Form eines *DescribeProcess*-Dokument definiert. Letzteres dient der Beschreibung des Input sowie des Output, als auch eine textuelle Beschreibung des Prozesses. Nash (NASH 2008) stellt die Möglichkeit der Definition von Anwendungsprofilen vor. Dabei unterscheidet auch er zwischen Profilen für generische GIS-Basisfunktionen und Domänen-spezifischen Anwendungsprofilen. Beide Bereiche beinhalten die wesentliche Fragestellung der Semantik von Analysefunktionen. Dabei stellt Nash multilinguale Profile, Prozesshierarchien und Vererbung sowie Profile für Datentypen als mögliche Erweiterung der WPS-Profile vor. Ähnlich beschreiben Lanig & Zipf (LANIG & ZIPF 2010) eine Möglichkeiten WPS-Profile für 3D Funktionalitäten (Basisfunktionen versus Anwendungsprofile) zu erstellen. Walenciak & Zipf (WALENCIAK & ZIPF 2010) zeigen eine Methode wie WPS-Anwendungsprofile für den Bereich Geomarketing definiert werden können. Dabei stellen sie einige Schwachpunkte der Profile heraus. Hierzu zählt insbesondere die mangelhafte Möglichkeit Prozesse eindeutig zu beschreiben. Insgesamt ist das Konzept der WPS-Profile zwar in der Spezifikation enthalten, kommt jedoch über ein sehr kurze Beschreibung und der Definition von vier Parametern nicht hinaus. Somit besteht in Bezug auf WPS-Profile noch deutlicher Forschungs- und Spezifikationsbedarf.

## **8 Bewertung und Ausblick**

Die aktuelle Spezifikation des WPS 1.0 wird von verschiedenen Seiten kritisiert. Hauptkritikpunkt ist, dass die Schnittstelle zu unspezifisch gehalten sei (vgl. NASH 2008, LANIG & ZIPF 2010). Dies, so der nachvollziehbare Vorwurf, erschwere die Interoperabilität. Interoperabilität kann jedoch als die wesentliche Motivation hinter der Anwendung von OGC-Schnittstellen angesehen werden. In der generischen WPS-Schnittstelle werden lediglich einige Basiselemente als verpflichtend definiert, die dazu dienen einen Prozess zu beschreiben. Das Problem liegt darin, dass sich zwar anhand dieser Elemente Prozesse beschreiben lassen, diese jedoch häufig nicht eindeutig und klar sind. Somit können diese nicht ohne detaillierte Kenntnis der jeweiligen Prozesse genutzt werden. Die unklare Prozessbeschreibung bezieht sich auf zwei wesentliche Aspekte: die unklare Beschreibung der Input- bzw.

Outputdaten und die unzulängliche Beschreibung der konkreten GIS-Analyse. Die nicht ausreichende Beschreibung der Input- bzw. Outputdaten beruht u.a. auf einer unspezifischen Konkretisierung der jeweiligen räumlichen Daten. Die Spezifikation verlangt hier lediglich die Benennung des Datenformats. Dies ist nicht ausreichend. Insbesondere das vom OGC definierte Austauschformat GML 3.x umfasst eine Vielzahl an Datentypen und Ausprägungen. So ist es z.B. nicht ohne Weiteres möglich räumliche Datentypen wie Punkt, Linie oder Polygon als Eingabetypen zu definieren. Die Beschreibung der konkreten GIS-Analyse ist derzeit lediglich über eine freie beliebige textuelle Beschreibung möglich. Zusätzlich existiert die Möglichkeit ein Dokument zur weiteren Beschreibung anzufügen. Diese Option ist jedoch in der Spezifikation sehr ungenau gehalten und somit praktisch nicht zur Steigerung der Interoperabilität anwendbar. Insbesondere in Bezug auf die genaue Spezifikation des spezifischen Analyseverfahrens besteht weiterer Forschungsbedarf. Dazu müssen Mittel und Wege identifiziert werden, die Funktionalität von Analysen eindeutig zu beschreiben. Hier sind die oben genannten Aspekte der Semantik und der Klassifikation von GIS-Analysen durch Domänenexperten als erste Schritte heranzuziehen, wenn nicht für bestimmte Fälle gar der konkrete Algorithmus angegeben werden müsste. Es lässt sich festhalten, dass die bisherige Spezifikation WPS 1.0. nicht ausreichend ist, um Interoperabilität zu gewährleisten.

## 9 Literatur

- AdV (2002): Geodateninfrastruktur in Deutschland (GDI) - Positionspapier der AdV. In: Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement, Jg. 127, H. 2, S. 90–96.
- ALBRECHT, J. (1995): Universal Analytical GIS Operations: a task-oriented systematization of data structure-independent GIS functionality leading towards a geographic modeling language. Dissertation: Universität Vechta, Deutschland 1996
- BERGENHEIM, W.; SARJAKOSKI, T.; SARJAKOSKO, T. (2009): A Web Processing Service for GRASS GIS to Provide on-line Generalisation. Conference Paper: AGILE 2009. Hannover, Deutschland
- BERNARD L. (2009): Geodiensteinfrastrukturen - die nächste GDI Generation ?! In: Kriz, K., Kainz, W., Riedl, A. (Hg), Geokommunikation im Umfeld der Geographie - Geographentag 2009. Wien, Österreich
- BISHR, M.; KUHN, W. (2007): Geospatial Information Bottom-Up: A Matter of Trust and Semantics. In: Fabrikant, S.I., Wachowicz, M. (Hg.): The European Information Society. Springer: Berlin/Heidelberg, Deutschland. S. 365–387
- BRAUNER, J.; FOERSTER, T.; SCHAEFFER, B.; BARANSKI, B.; HAUNERT, J-H; KIELER, B.; MILDE, J. (2009): Towards a Research Agenda for Geoprocessing Services. Conference Paper AGILE 2009. Aalborg, Dänemark
- BURROUGH, P. A. (1992): Development of intelligent geographical information systems. In: Int. Journal of Geographical Information Systems, Jg. 6, H. 1, S. 1–11.
- CHRISMAN, N. (1999): A transformational approach to GIS operations. In: Int. Journal of Geographical Information Science, Jg. 13, H. 7, S. 617–637.

- DÍAZ, L.; COSTA, S.; GRANELL, C.; GOULD, M. (2007): Migrating geoprocessing routines to web services for water resource management applications. Conference Paper: AGILE 2007. Aalborg, Dänemark
- EDER, W.; ZIPF, A. (2010): Zur Integration von Windsimulationsmodellen in 3D-Geodateninfrastrukturen mittels Web Processing Services (WPS). In: Strobl, J.; Blaschke, T.; Griesebner, G. (Hg.): Angewandte Geoinformatik 2010. Berlin: Wichmann, Deutschland. S. 38–43.
- EGENHOFER, M. J. (2002): Toward the Semantic Geospatial Web. In: Makki, K.; Pissinou, N.: (Hg.): Proceedings of the 10th ACM Int. Symp. on Advances in GIS. ACM: New York, NY, USA. S. 1-4
- FOERSTER, T. (2006): Establishing an OGC Web Processing Service for generalization processes. Workshop Paper: ICA workshop on Generalization and Multiple Representations, Portland, USA
- FRANK, A. (2001): Tiers of ontology and consistency constraints in geographic information systems. *Int. Journal of Geographical Information Systems*, Jg. 15, H. 7, S. 667–678.
- GÖBEL, R.; ZIPF, A. (2008): How to Define 3D Geoprocessing Operations for the OGC Web Processing Service (WPS)? Towards a Classification of 3D Operations. In: Gervasi, O.; Murgante, B.; Laganà (Hg.): *Computational Science and Its Applications – ICCSA: Springer, Berlin/Heidelberg, Deutschland*. S. 708–723
- GOODCHILD, M. F. (1987): A spatial analytical perspective on geographical information systems. In: *Int. Journal of Geographical Information Systems*, Jg. 1, H. 4, S. 327–334
- INSPIRE (2007): Richtlinie 2007/2/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 14. März 2007 zur Schaffung einer Geodateninfrastruktur in der Europäischen Gemeinschaft (INSPIRE)
- KIEHLE, C.; GREVE, K.; HEIER, C. (2007): Requirements for Next Generation Spatial Data Infrastructures-Standardized Web Based Geoprocessing and Web Service Orchestration. In: *Transactions in GIS*, Jg. 11, H. 6, S. 819–834
- KUHN, W. (2005): Geospatial Semantics: Why, of What, and How? In: Spaccapietra, S.; Zimányi, E. (Hg.): *Journal on Data Semantics III*. Springer Berlin/Heidelberg, Deutschland. Bd. 3534, S. 1–24.
- LANIG, S.; ZIPF, A. (2010a): Standardkonforme Geodatenverarbeitung und Dienstorchestrierung am Beispiel der Solarpotenzialanalyse mittels OGC Web Processing Service (WPS). In: Strobl, J.; Blaschke, T.; Griesebner, G. (Hg.): *Angewandte Geoinformatik 2010*. Wichmann: Heidelberg, Deutschland. S. 942–947.
- LANIG, S.; ZIPF, A. (2010b): Proposal for a Web Processing Services (WPS) Application Profile for 3D Processing Analysis. In: Lobo V., Resch, B., Schäffer B. (Hg.): *Proceedings of The 2nd Int. Conference on Advanced Geographic Information Systems, Applications, and Services*. IEEE Computer Society: Washington, DC, USA. S. 117-122
- LUTZ, M. (2007): Ontology-Based Descriptions for Semantic Discovery and Composition of Geoprocessing Services. In: *GeoInformatica*, Jg. 11, H. 1, S. 1–36.
- NASH, E. (2008): WPS Application Profiles for Generic and Specialised Processes. Conference Paper: GI-Days 2008. Münster, Deutschland
- MAYER, C.; STOLLBERG, B.; ZIPF, A. (2009): Providing near Real-time Traffic Information within Spatial Data Infrastructures. Conference Paper: GEOWS 2009. Cancun, Mexico

- MÜLLER, M.; BERNARD, L.; Brauner J. (2010): Moving Code in Spatial Data Infrastructures: Web Service Based Deployment of Geoprocessing Algorithms. In: *Transactions in GIS* 14, Nr. S1, S. 101-118
- NEBERT, D. D. (2004): The SDI Cookbook. GSDI 2004
- OGC (2011): SWG WPS 2.0 <http://www.opengeospatial.org/projects/groups/wps2.0swg> gesehen am: 21.04.2011
- RESCH, B.; MITTLBÖCK, M. (2007): Einbindung von Echtzeitmessinformation in Geographische Informationssysteme. In: Strobl, J.; Blaschke, T.; Griesebner, G. (Hg.): *Angeordnete Geoinformatik 2007: Beiträge zum 19. AGIT-Symposium Salzburg*. Wichmann, Heidelberg, Deutschland. S. 615-620
- RIEDEMANN, C.; PUNDT, H.; HARVEY, F.; KUHN, W.; BISHR, Y. (1999): Semantic interoperability: A central issue for sharing geographic information. In: *The Annals of Regional Science*, Jg. 33, H. 2, S. 213–232.
- SCHÄFFER, B. 2008 Towards a Transactional Web Processing Service (WPS-T). Conference Paper: GI-Days 2008. Münster, Deutschland
- STOLLBERG, B.; LUTZ, M.; OSTLÄNDER, N.; BERNARD, L.: Geoprozessierung in Geodateninfrastrukturen - Aufgaben für die nächste Generation. In: *GIS Zeitschrift für Geoinformatik* 4, S. 24-29
- SCHOLTEN, M.; KLAMMA, R.; KIEHLE, C. (2006): Evaluating Performance in Spatial Data Infrastructures for Geoprocessing. In: *Web Services for Geographic Information Systems: IEEE Internet Computing* 10(5) S. 34-41
- SCHUT, P. (2007): Web Processing Service. OGC, DocNr. 05-007r7.
- STAMM, P.; BURBECK, S. (2010): Entwicklung eines WebClients zur Interpolation und Visualisierung von Messdaten der Ortsdosisleistung (ODL) mittels Web Processing Services. Conference Paper: AGIT-Symposium 2010. Salzburg, Österreich
- STOLLBERG, B.; ZIPF, A. (2009): Development of a WPS Process Chaining Tool and Application in a Disaster Management Use Case for Urban Areas. Conference Paper: 27th Urban Data Management Symposium. Ljubljana, Slowenien
- TOMLIN, C. D. (1990): *Geographic information systems and cartographic modeling*. Prentice Hall College: Englewood Cliffs, NJ, USA
- WALENCIAK, G.; ZIPF, A. (2010): Designing a Web Processing Service Application Profile for Spatial Analysis in Business Marketing. Conference Paper: Agile 2010. Guimarães, Portugal
- WALENCIAK, G.; STOLLBERG, B.; NEUBAUER, S.; ZIPF, A. (2009): Extending Spatial Data Infrastructures 3D by Geoprocessing Functionality. In: Dragicewiz S.; Roman D.; Tanasescu V.(Hg.): *GEOWS 2009*.: IEEE. Cancun, Mexico S. 40-44
- WEISER, A.; ZIPF, A. (2007): Web Service Orchestration of OGC Web Services for Disaster Management. In: Li, J.; Zlatanova, S.; Fabbri, A. G. (Hg.): *Geomatics Solutions for Disaster Management*. Springer: Berlin/Heidelberg, Deutschland. S. 239–254
- YANG, C.; RASKIN, R. (2009): Introduction to distributed geographic information processing research. In: *Int. Journal of Geographical Information Science*, Jg. 23, H. 5, S. 553–560.