

# DYNAMISCHE GENERIERUNG VON QUALITÄTSINFORMATIONEN FÜR GEODATEN IN SERVICE-ORIENTIERTEN GEOPROCESSING WORKFLOWS

Dipl.-Inf. Tatjana Kutzner / Dr.-Ing. Andreas Donaubaueer / Florian Straub, M.Sc.

**Einleitung:** Um die Ergebnisse räumlicher Analysen korrekt zu interpretieren, sind Qualitätsinformationen zwingend notwendig. Der OGC Web Processing Service macht räumliche Analysen im Web verfügbar. Qualitätsinformationen werden hierbei bislang nicht berücksichtigt. Diese Erkenntnis führte zu dem hier vorgestellten Konzept für einen Geoprocessing Service, welcher die Fähigkeit besitzt, dynamisch Qualitätsinformationen für die Ergebnisse räumlicher Analysen zu erzeugen.

**Schlüsselwörter:** Metadaten, Datenqualität, Positionsgenauigkeit, Geoprocessing Workflow, Web Processing Service

**Zusammenfassung:** Qualitätsinformationen sind zwingend notwendig um die Eignung von Geodaten für einzelne Anwendungen beurteilen zu können und um darüber hinaus die Ergebnisse räumlicher Analysen korrekt zu interpretieren. Der letztgenannte Aspekt wird jedoch bislang weder in GIS-Anwendungen noch in Geo Web Services ausreichend berücksichtigt. Der vorliegende Beitrag stellt ein Konzept für einen Geoprocessing Service vor, welcher die Fähigkeit besitzt, dynamisch Qualitätsinformationen für die Ergebnisse räumlicher Analysen zu erzeugen. Die Bestimmung der Qualität der Ergebnisdaten stützt sich dabei auf Informationen zur Qualität der Eingangsdaten. Zudem basiert das Konzept auf Normen und Standards der Internationalen Organisation für Normung (ISO) und des Open Geospatial Consortium (OGC). Ein für einen Anwendungsfall aus dem Forstbereich implementierter Prototyp belegt schließlich die Realisierbarkeit und Relevanz des ausgearbeiteten Konzepts.

## // DYNAMICALLY GENERATING QUALITY INFORMATION FOR GEOSPATIAL DATA WITHIN SERVICE-ORIENTED GEOPROCESSING WORKFLOWS

**// Introduction:** Information about data quality is essential for correctly interpreting the results of spatial analyses. The OGC Web Processing Service makes spatial analyses available on the Web. So far, information about data quality has not been taken into account. Realising this we present the following approach to dynamically generate quality information for the results of spatial analyses within a Geoprocessing Service.

**Keywords:** Metadata, Data Quality, Positional Accuracy, Geoprocessing Workflow, Web Processing Service

**Abstract:** Quality information is essential to determine the fitness for use of geospatial data for certain applications and furthermore to correctly interpret the results of spatial analyses. However, up to now the latter aspect is still not sufficiently included in geospatial applications and geospatial web services. This paper presents an approach to dynamically generate quality information for the results of spatial analyses within a Geoprocessing Service, hereby taking into account the quality of the input data. The approach is based on standards of the International Organization for Standardization (ISO) and the Open Geospatial Consortium (OGC). An implemented prototype together with a use case from forestry shows the practicability and relevance of this approach.

### Anschrift der Autoren

Dipl.-Inf. Tatjana Kutzner

Dr.-Ing. Andreas Donaubaueer

Florian Straub, M.Sc.

Technische Universität München  
Fachgebiet Geoinformationssysteme

Arcisstr. 21

80333 München

T: +49.89.289.22587 // E: {tatjana.kutzner, andreas.donaubaueer, florian.straub}@bv.tum.de

## 1. MOTIVATION

Web Services tragen entscheidend zur Interoperabilität heterogener Softwarekomponenten bei und bieten die Möglichkeit, auf komfortable Weise Informationen zwischen den einzelnen Komponenten auszutauschen. Dieses aus den service-orientierten Architekturen (SOA) stammende Konzept wurde mit den so genannten Geo Web Services in die Geoinformatik übernommen. Geo Web Services sollen dabei über das Internet Zugriff auf externe und heterogene Geodatenbestände bieten und Funktionalitäten zur Verarbeitung dieser Geodaten, wie z.B. räumliche Analyseverfahren, bereit stellen.

Oft ist der Zugriff auf einen einzelnen Geo Web Service jedoch nicht ausreichend. In der Praxis existieren viele komplexe Fragestellungen mit Raumbezug, zu deren Beantwortung mehrere Verarbeitungsschritte unter Einsatz verschiedener Geo Web Services durchzuführen sind. Diese Fragestellungen können jedoch zufriedenstellend durch die Verkettung mehrerer Geo Web Services zu so genannten Geoprocessing Workflows gelöst werden (Donaubauer, 2004).

Beim Zugriff auf Geodaten über Geo Web Services bzw. beim Erzeugen neuer Geodaten durch Anwenden räumlicher Analysefunktionalitäten auf vorhandene Daten sind Informationen zur Qualität der Geodaten von entscheidender Bedeutung. Stehen Qualitätsinformationen nicht zur Verfügung, so besteht die Gefahr, dass Geodaten fehlerhaft genutzt bzw. Analyseergebnisse falsch interpretiert werden.

Ziel des vorliegenden Beitrags ist es, auf Grundlage des OGC Web Processing Service (WPS) (OGC, 2007c) ein Konzept für einen Geo Web Service zu präsentieren, welcher auf dynamische Weise Qualitätsinformationen für die Ergebnisse räumlicher Analysefunktionalitäten erzeugt und so den Anwender in seinen Entscheidungen unterstützt. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der Flächenverschneidung als einer der am häufigsten genutzten räumlichen Analysefunktionalitäten sowie der Bestimmung der Positionsgenauigkeit, einer für Flächen wichtigen Qualitätsinformation. Zudem wird der Geo Web Service in einen Geoprocessing Workflow integriert, so dass auch die Ergebnisse kompletter Workflows einer Qualitätsbestimmung unterzogen

werden können. Entscheidend ist dabei, dass die Qualität der Eingangsdaten bei der Bestimmung der Qualität der Ergebnisdaten berücksichtigt wird. Die Angabe der Qualitätsinformationen soll anhand von Metadaten erfolgen. Dies schließt Überlegungen mit ein, auf welcher Datenebene (Datensatz, Feature, Geometrie, usw.) die Metadaten am besten gespeichert werden und wie sich diese Erkenntnisse auf GML übertragen lassen, das als Transferformat für die Geodaten eingesetzt wird.

## 2. STAND DER WISSENSCHAFT

Für den Bereich der Geoinformatik sind in den letzten Jahren von der Internationalen Organisation für Normung (ISO) eine Reihe von Normen verabschiedet worden, welche unter der Normenserie ISO 191xx zusammengefasst sind. Insbesondere zu nennen sind hier die Norm ISO 19113 (ISO, 2003a), in der Qualitätselemente zur Beschreibung der Qualität von Geodaten definiert sind sowie die Norm ISO 19115 (ISO, 2003b) für Metadaten, welche u.a. diese Qualitätselemente enthält und eine international einheitliche Beschreibung von Geodaten ermöglicht. Zudem wurde mit der Norm ISO 19139 (ISO, 2007) eine technische Spezifikation entwickelt, mit der diese Metadaten in XML-Dokumenten repräsentiert werden können.

Im Bereich Geo Web Services existieren inzwischen ebenfalls einige Standards, die vom Open Geospatial Consortium (OGC) veröffentlicht wurden. Vor allem das Datentransferformat GML (Geography Markup Language) (OGC, 2007a) ist hier zu nennen, welches auf XML basiert und die Modellierung und den Austausch von Geodaten ermöglicht. Weitere Standards sind u.a. der Web Feature Service (WFS) (OGC, 2005), mit dem Geodaten in Form von GML-Dokumenten abrufbar sind. Wurden standardisierte Geo Web Services zu Beginn der Entwicklung hauptsächlich für den Abruf von digitalen Karten (WMS) oder Geodaten (WFS, WCS (OGC, 2007b)) genutzt, so beschäftigen sich seit einigen Jahren Arbeiten damit, Funktionalität zur Verarbeitung von Geodaten in Form von Geo Web Services verfügbar zu machen, z.B. (Donaubauer, 2004; Kiehle et al., 2007; Brauner, 2008).

Als Beispiel für Qualitätsinformationen, die sich dynamisch in service-orientierten Geoprocessing Workflows generieren lassen, konzentriert sich dieser Beitrag auf die Positionsgenauigkeit von Geodaten. Basierend auf früheren Arbeiten von Caspary, Scheuring und Frank hat Glemser (Glemser, 2000) mehrere Modelle entwickelt, mit denen Informationen zur metrischen Genauigkeit in Geodaten integriert werden können. Zudem hat er untersucht, wie diese Informationen bei der räumlichen Analyse zu behandeln sind. Nachfolgend sollen nun die erwähnten Normen und Standards zusammengeführt und mittels eines geeigneten Modells die Positionsgenauigkeit in die Workflowergebnisse integriert werden.

## 3. DATENQUALITÄT

Der Konzeptbeschreibung vorausgehend wird nachfolgend der Begriff der Datenqualität kurz erläutert, wodurch dem Leser ein einheitliches Verständnis für den Begriff, so wie er in diesem Beitrag von den Autoren verwendet wird, vermittelt werden soll. Zudem wird erklärt, wie sich die Flächenverschneidung auf die Datenqualität von Verschneidungsergebnissen und insbesondere die Positionsgenauigkeit auswirkt, da sich insbesondere die in Abschnitt 5 beschriebene prototypische Umsetzung des Konzepts hierauf konzentriert.

### 3.1 DEFINITION

Geodaten können als vereinfachte Abbilder bzw. Modelle der realen Welt verstanden werden, welche für einen bestimmten Anwendungszweck erstellt wurden. Dabei können Informationen, die als nichtrelevant gelten, vereinfacht oder sogar gänzlich weggelassen worden sein, um die Beschreibung verständlicher zu machen (Devillers et al., 2006) oder um sie an ein bestimmtes Anwendungsgebiet anzupassen. Abbildung 1 veranschaulicht den Übergang von der realen Welt zu den Geodaten. Das Modell der realen Welt erhält man durch Abstrahierung einer bestimmten, meist vom jeweiligen Anwendungsgebiet geprägten Sicht der Wirklichkeit. In der Norm ISO 19113 wird dieses Modell als „universe of discourse“ bezeichnet, als eine Sicht auf die reale oder gedachte Welt, die alles enthält, was von Interesse ist (ISO, 2003a). Die Geodaten selbst bilden die digitale Darstellung dieses Modells der Realität.

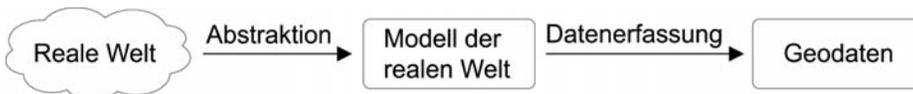


Abbildung 1: Von der realen Welt zu Geodaten (Joos, 1999).

Bei der Erzeugung von Geodaten können eine Reihe von Faktoren auftreten, die Fehler in den Daten verursachen. So weisen z.B. verschiedene Messverfahren und Messgeräte unterschiedliche Genauigkeiten auf, ebenso können beim Digitalisieren von Karten Fehler auftreten, oder aber bei der Erzeugung von neuen Geodaten aus bereits vorhandenen Geodaten können sich die Fehler auf die neuen Daten fortpflanzen, was der Fall ist beim Anwenden räumlicher Analyseverfahren wie der Flächenverschneidung. Alle Geodaten sind deshalb in gewissem Maße ungenau bzw. auch unvollständig. Diese Ungenauigkeit bzw. Unvollständigkeit kann als Abweichung vom abstrakten Abbild der Wirklichkeit aus Abbildung 1 verstanden werden und der Grad der Abweichung bestimmt dabei die Qualität der Geodaten.

### 3.2 DATENQUALITÄT BEI DER FLÄCHENVERSCHNEIDUNG

Ebenso wie die Geodaten selbst enthalten auch die Ergebnisse räumlicher Analysefunktionalitäten oft keinerlei Qualitätsangaben, d.h. auch das Ergebnis einer Flächenverschneidung enthält normalerweise keine Aussagen zur Qualität der bei der Verschneidung entstandenen Schnittgeometrien. Diese müssen somit als korrekt und genau betrachtet werden. Da die Koordinaten der Eingangsgeometrien jedoch stets zu einem gewissen Grad fehlerbehaftet sind, bedeutet dies für die Schnittflächen, dass die Flächenverschneidung eine Fortpflanzung der unterschiedlichen Genauigkeiten auf das Verschneidungsergebnis bewirkt. Mit anderen Worten: die Genauigkeit der Schnittflächen ist abhängig von der Genauigkeit seiner Eingangsflächen.

Für die Ermittlung der Positionsgenauigkeit des Verschneidungsergebnisses ist es deshalb wichtig, Kenntnis über die Qualität der Eingangsdaten zu besitzen. Ein wichtiger Grund für die unterschiedlichen Genauigkeiten ist dabei in den Flächen selbst zu finden, nämlich das Merkmal der scharfen Abgrenzung. Es wird unterschieden zwischen scharf abgegrenzten und unscharf abgegrenzten Flächen (Lothar, 2003):

- ▶ Scharf abgegrenzte Flächen sind Flächen mit künstlich geschaffenen oder per Definition festgelegten Grenzen, wie z.B. Flurstücke, Verwaltungseinheiten oder Ingenieurbauten. Diese Flächen sind stets zusammenhängend und besitzen geometrische Konturverläufe, ihre Grenzen sind i.d.R. geradlinige Verbindungen zweier Grenzpunkte. Die Grenzpunkte sind markierte (abgemerkte), gut zentrierbare, künstliche Punkte.
- ▶ Als unscharf abgegrenzte Flächen werden Flächen bezeichnet, die nicht scharf abgegrenzt werden können, wie z.B. Waldbestände oder Vegetationsflächen. Es handelt sich hierbei um natürliche Flächen mit natürlichen Grenzen, die durch Topographie und Vegetation festgelegt sind, wobei sogenannte Übergangsflächen (Vegetationsübergänge) entstehen können. Die Konturlinien haben meist eine unregelmäßige Form, ihr Verlauf ist a priori nicht bekannt. Der Grenzverlauf wird durch repräsentative Stützpunkte festgelegt, sie approximieren den Verlauf der Grenzlinie. Die Genauigkeit der Stützpunkte ist dabei abhängig von der Lokalisierbarkeit des Grenzverlaufs.

Nicht alle Flächen lassen sich jedoch eindeutig einer dieser beiden Flächenarten zuordnen. Es gibt auch Flächen, die zum Teil aus scharfen und zum Teil aus unscharfen Grenzen bestehen und somit eine Mischform darstellen. Hierzu zählen z.B. Waldflächen, die an eine Straße grenzen oder Flurstücke, die von einem Fluss begrenzt werden.

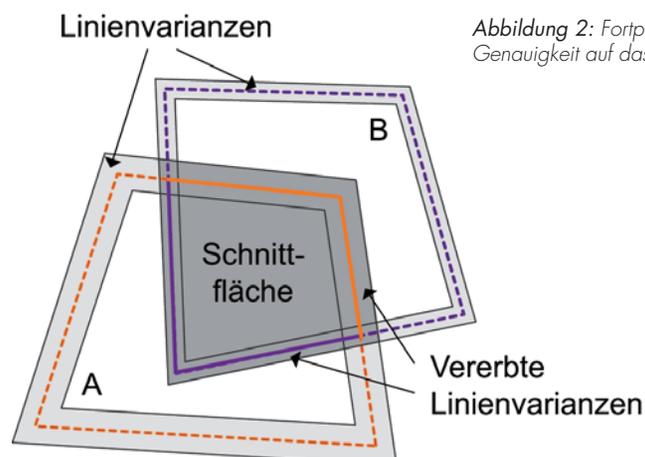


Abbildung 2: Fortpflanzung der metrischen Genauigkeit auf das Verschneidungsergebnis.

Um die Qualität einer Schnittfläche bestimmen zu können, ist also die Erfassung der metrischen Genauigkeit und deren Integration in die Eingangsdaten zu erreichen. Glemser hat sich eingehend hiermit auseinandergesetzt und verschiedene Unsicherheitsmodelle zur Beschreibung der metrischen Genauigkeit entwickelt (Glemser, 2000). Als Unsicherheitsmodell für das hier beschriebene Konzept bietet sich das von Glemser vorgestellte stochastische Modell an, es verwendet die Varianz der Lage sowie den Mittelwert, d.h. die mittlere geometrische Lage des Objekts, als Maße zur Beschreibung der Variation. Dabei existieren zwei Möglichkeiten, ein punktwiser Ansatz, dem die gemessenen Koordinaten zugrunde liegen, sowie ein linienwiser Ansatz, der auf den Objektlinien basiert.

Da in diesem Beitrag insbesondere unscharf abgegrenzte Flächen von Bedeutung sind, ist der linienweise Ansatz zu bevorzugen. Bei diesem Ansatz ist die Varianz nicht für jeden Linienpunkt einzeln, sondern nur quer zur Linienrichtung anzugeben, und nur diese Information wird für die Weiterverarbeitung benötigt. Dies bedeutet, dass jedes Polygon in Liniensegmente aufgeteilt und die Qualität direkt den entsprechenden Liniensegmenten hinzugefügt wird. Beim Anwenden der Flächenverschneidung auf diese Polygone werden die sich schneidenden Linien am Schnittpunkt unterteilt. Sie bleiben jedoch ansonsten unverändert, so dass die Teilung der Linien keinerlei Auswirkungen auf die geometrische Variation in den einzelnen Linienpunkten hat. Die Fortpflanzung der Varianz entspricht deshalb lediglich einer Übertragung der Unsicherheitsmaße auf die neu erzeugten Teillinien, d.h. die Linien der Schnittflächen erben die Linienvarianzen der Linien ihrer Ausgangsflächen. Dies ist in Abbildung 2 dargestellt.

#### 4. DYNAMISCHE GENERIERUNG VON QUALITÄTSINFORMATIONEN

Ziel dieses Beitrags ist die Vorstellung eines Konzepts für einen Geo Web Service, welcher die Fähigkeit besitzt, dynamisch Qualitätsinformationen für die Ergebnisse räumlicher Analysen zu erzeugen. Hierfür ist es notwendig, dass bestimmte Anforderungen erfüllt werden, welche nachfolgend erläutert werden. Basierend auf diesen Anforderungen wird anschließend untersucht, wie sich Qualitätsinformationen in Geodaten integrieren lassen und wie eine web-basierte Umsetzung dessen aussehen kann.

##### 4.1 ANFORDERUNGEN

Um die Bestimmung der Qualität in service-orientierten Geoprocessing Workflows durchführen zu können, müssen die Daten über entsprechende Qualitätsinformationen verfügen. Dies ist durch folgende Punkte gegeben:

- ▶ Es muss gewährleistet sein, dass bereits für die Eingangsdaten des Geoprocessing Workflows Qualitätsinformationen zur Verfügung stehen. Diese Anforderung klingt in der Theorie trivial. Jedoch sollen die Informationen an der Stelle im Datensatz eingebunden werden, wo sie am sinnvollsten erscheinen, d.h. sie sollen nicht nur auf Datensatzebene, sondern auch auf Feature- bzw. Subfeatureebene zur Verfügung stehen. Dies wird, obwohl sehr wichtig, in der Praxis bislang nur unzureichend umgesetzt.
- ▶ Die Beschreibung der Qualität soll durch eine konsistente und einheitlich verständliche Semantik erfolgen, wofür Metadaten eingesetzt werden. Als geeignetes konzeptionelles Modell zur Aufzeichnung der Qualitätsinformationen bietet sich die Metadatennorm ISO 19115 an, welche die für dieses Konzept benötigten Metadatenelemente enthält.
- ▶ Zur Kodierung der Qualitätsinformationen wird sowohl in den Eingangsdaten als auch in den Ergebnisdaten räumlicher Analysefunktionalitäten eine einheitliche Syntax benötigt. Das hier vorgestellte Konzept stützt sich dabei auf GML sowie die Norm ISO 19139, mit der diese Qualitätsinformationen in die Geodaten integriert werden können. Jedoch soll in diesem Zusammenhang darauf hingewiesen werden, dass GML nicht zwingend die Verwendung von ISO 19139 verlangt.

Enthalten die Datensätze schließlich die nötigen Angaben zur Qualität, dann können sie den gewünschten geometrischen Analysen unterzogen und Qualitätsinformationen für das Ergebnis generiert werden. Da hierbei Geo Web Services eingesetzt werden sollen, muss Folgendes gewährleistet sein:

- ▶ Eine geeignete Web-Service-Schnittstelle wird benötigt zur Durchführung räumlicher Analysen und zur Erzeugung von Qualitätsinformationen, die auf der Qualität der Eingangsdaten und den angewandten räumlichen Analysemethoden basieren. Da sich alle räumlichen Analysemethoden voneinander unterscheiden, ist es erforderlich, für jede Methode einzeln die Art und Weise, wie die Qualitätsinformationen erzeugt werden, zu bestimmen.
- ▶ Da die Qualitätsangaben der Eingangsdaten in Form von Metadaten vorliegen, sollen auch die das Ergebnis beschreibenden Qualitätsinformationen in Form von Metadaten generiert werden können. Dementsprechend muss auch gewährleistet sein, dass die Metadaten dynamisch und automatisch erzeugt werden und von Nutzerseite keine weiteren Aktionen bzw. Dateneingaben zur Qualitätsermittlung vorzunehmen sind.
- ▶ Der Web Service ist unter Einbeziehung geeigneter OGC Standards zu implementieren. Damit ist auch festgelegt, dass die Ergebnisdaten des Web Service im GML-Format ausgegeben werden sollen.

##### 4.2 INTEGRATION VON METADATEN UND GEODATEN

Ausgehend von obigen Anforderungen wird nachfolgend beschrieben, wie Qualitätsinformationen zum einen konzeptionell anhand der Norm ISO 19115 in Geodaten eingebunden werden können und zum anderen logisch und physisch durch Verwendung des OGC Standards GML und der Norm ISO 19139.

###### 4.2.1 KONZEPTIONELLE INTEGRATION

Die internationale Norm ISO 19115 definiert über 400 Metadatenelemente zur Beschreibung von Geodaten und Diensten. Darunter befinden sich eine Reihe von Elementen zur Beschreibung der Datenqualität, wie z.B. auch der Positionsgenauigkeit, auf die sich dieser Beitrag konzentriert. Eine An-

forderung aus Abschnitt 4.1 ist, die Metadaten an der Stelle im Datensatz einzubinden, wo sie am sinnvollsten erscheinen. Qualitätsinformationen können sich auf unterschiedlichen Ebenen innerhalb der Geodaten beziehen, d.h., die Qualität kann zum einen den gesamten Datensatz beschreiben (Datensatzebene), aber auch nur einzelne Objekte (Featureebene), Objekteigenschaften, Geometrien oder Geometrie-Teilstücke (Subfeature-Ebene). Es ist deshalb von größter Wichtigkeit, dass Qualitätsinformationen nicht nur auf Datensatzebene den Geodaten hinzugefügt werden können, sondern auf der Ebene stehen, über die eine Aussage getroffen werden soll.

Die Norm ISO 19115 unterscheidet sechs verschiedene so genannte Hierarchieebenen: Serie von Datensätzen, Datensatz, Featuretyp, Attributtyp, Featureinstanz und Attributinstanz (ISO, 2003). Die Hierarchieebenen Datensatz und Featureinstanz entsprechen dabei den im Konzept geforderten Datenebenen Datensatz und Objekt. Auf Subfeature-Ebene wird von der Norm ISO 19115 jedoch keine Unterscheidung vorgenommen, so dass die Datenebenen Featureeigenschaft, Geometrie und Geometrie-Teilstück unter der Hierarchieebene Attributinstanz zusammengefasst werden müssen. Dennoch kann festgehalten werden, dass jede Datenebene auf eine Hierarchieebene aus ISO 19115 abgebildet werden kann und somit von der Norm die Voraussetzung erfüllt wird, Metadaten für alle geforderten Ebenen anzugeben.

Zur Vermeidung von Datenredundanz, die auftritt, wenn auf jeder Ebene die kompletten Metadaten angegeben werden und ein Teil der Metadaten stets die gleichen Informationen trägt, wird der Empfehlung der Norm ISO 19115 entsprochen und alle Metadaten, die gleichbleibende, den gesamten Datensatz betreffende Informationen enthalten, wie z.B. das Datum der Metadatenerzeugung, den Geodaten nur auf Datensatzebene hinzugefügt. Da hingegen Qualitätsinformationen von Ebene zu Ebene variieren können, werden diese Informationen immer direkt bei der geeigneten Ebene gespeichert.

###### 4.2.2 LOGISCHE UND PHYSISCHE INTEGRATION

GML (das hier beschriebene Konzept bezieht sich auf Version 3.1.1 (OGC, 2004)) ist eine XML-basierte Sprache, welche die

Modellierung, die Übertragung und Speicherung von räumlichen Informationen erleichtert und auch die Integration von Metadaten unterstützt. In GML 3.1.1 können Metadaten jedem GML-Objekt, wie z.B. Feature, Geometrie oder Topologie, als Objekteigenschaft hinzugefügt werden. Bezogen auf die Anforderungen aus Abschnitt 4.1 bedeutet dies, dass die Ebenen Datensatz, Objekt und Geometrie jeweils eigene Metadaten enthalten können, da sie GML-Objekte repräsentieren. Es ist jedoch nicht möglich, die Ebenen Featureeigenschaft und Geometrie-Teilstück mit Metadaten zu versehen. Hier müssen individuelle Lösungen gefunden werden.

So können die für Objekteigenschaften bestimmten Metadaten auch auf Objektebene eingebunden werden unter Hinzufügen eines Kommentars, für welche Objekteigenschaft die Metadaten bestimmt sind. Bei den Geometrie-Teilstücken kann keine allgemeine Aussage getroffen werden, sondern ist dies getrennt für jede Geometrie und den zugehörigen Teilstücken zu beurteilen und eventuell auch vom Verwendungszweck abhängig. Hierbei sollte jedoch stets darauf geachtet werden, dass die Lösungen konform zum GML-Standard sind.

Um die Metadaten in GML nutzen zu können, müssen diese in XML kodiert werden, da die Norm ISO 19115 nur eine konzeptionelle Beschreibung der Metadaten darstellt. Für die Umsetzung nach XML wird die Norm ISO 19139 eingesetzt. Sie stellt bereits eine Reihe von XML-Schemata zur Verfügung, welche eine einheitliche Implementierung der Metadatenelemente der Norm ISO 19115 gewährleisten.

Dieser Beitrag konzentriert sich auf die Bestimmung der Positionsgenauigkeit von Flächengeometrien (Polygone). Bei der Angabe der Positionsgenauigkeit wird gemäß dem linienweisen Ansatz aus Abschnitt 3.2 vorgegangen und die einzelnen Polygonlinien der Flächen mit Linienvarianzen versehen. Die Polygonlinien repräsentieren dabei Geometrie-Teilstücke. Zwei Ansätze, wie die Positionsgenauigkeit zur Beschreibung von Geometrie-Teilstücken eingesetzt werden kann, obwohl GML die Angabe von Metadaten auf dieser Ebene nicht erlaubt, werden in (Kutzner, 2008) erläutert. Demnach können

```

1 <app:area gml:id="idfafe29f9-8992-44c8-9718-c100a7bffdca">
2   <gml:multiCurveProperty>
3     <gml:MultiCurve>
4       <gml:curveMember>
5         <gml:Curve>
6           <gml:segments>
7             <gml:LineStringSegment>
8               <gml:posList>0 0 10 0 5 10</gml:posList>
9             </gml:LineStringSegment>
10          </gml:segments>
11          <gml:metaDataProperty>
12            <mdl:GeometryLevelMetadata>
13              <mdl:absoluteExternalPositionalAccuracy>
14                <gmd:DQ_AbsoluteExternalPositionalAccuracy>
15                  <gmd:result>
16                    <gmd:DQ_QuantitativeResult>
17                      <gmd:valueUnit xlink:href="#m"/>
18                      <gmd:value>
19                        <gco:Record xsi:type="gml:LengthType" uom="#m">
20                          uom="#m">2.0</gco:Record>
21                      </gmd:value>
22                    </gmd:DQ_QuantitativeResult>
23                  </gmd:result>
24                </gmd:DQ_AbsoluteExternalPositionalAccuracy>
25              </mdl:absoluteExternalPositionalAccuracy>
26            </mdl:GeometryLevelMetadata>
27          </gml:metaDataProperty>
28        </gml:curveMember>
29      </gml:curveMember>
30    </gml:MultiCurve>
31  </gml:MultiCurveProperty>
32 </app:area>

```

Liniensegment 1

Positionsgenauigkeit  
Liniensegment 1

Liniensegment 2

Positionsgenauigkeit  
Liniensegment 2

Abbildung 3: Modellierung der Qualitätsangabe als MultiCurve-Aggregat.

Qualitätsinformationen, die sich auf Geometrie-Teilstücke beziehen, mittels der GML-Konstrukte MultiCurve-Aggregat und topologischer Komplex in Geodaten eingebunden werden.

Abbildung 3 zeigt, wie sich ein aus zwei Teilstücken bestehendes Polygon durch ein MultiCurve-Aggregat beschreiben lässt. Jedes Teilstück des Polygons wird dabei durch ein curveMember-Element repräsentiert (Zeile 4 bzw. 29) und die Linien der beiden Teilstücke werden anhand des Elements LineStringSegment als Segmente definiert (Zeile 7 bzw. 32). Das Element LineStringSegment, welches auf Ebene der Geometrie-Teilstücke einzuordnen ist, erlaubt jedoch keine Angabe von Metadaten, so dass diese dem übergeordneten Curve-Element (Geometrieebene) hinzugefügt werden. Dazu wird jedes LineStringSegment-Element in ein eigenes Curve-Element eingebettet (Zeile 5 bzw. 30). Die in ISO

19139 kodierten Metadaten zur Positionsgenauigkeit werden dem jeweiligen Curve-Element hinzugefügt (Zeile 11 bzw. 34). Dadurch befinden sich die Metadaten zwar auf Geometrieebene, beschreiben aber dennoch jedes Line-String-Segment auf korrekter Weise.

### 4.3 DYNAMISCHE GENERIERUNG VON METADATEN MITTELS EINES WEB PROCESSING SERVICE

Die Spezifikation des Web Processing Service (WPS) (OGC, 2007c) wurde vom OGC entwickelt, um web-basierten Zugriff auf beliebige Funktionalitäten zur Verarbeitung von Geodaten zur Verfügung stellen zu können.

Die hier beschriebene WPS-Instanz soll zwei Funktionalitäten, Funktionalität 1 und 2, zur Verfügung zu stellen, welche sich folgendermaßen unterteilen lassen:

- ▶ Funktionalität 1a: Durchführung räumlicher Analysen, wobei der Schwerpunkt in diesem Beitrag auf der Flächenverschneidung liegen soll.
- ▶ Funktionalität 1b: Bestimmung der Qualität des Analyseergebnisses aus Funktionalität 1a unter Berücksichtigung der Qualität der Eingangsdaten sowie der angewandten Analyseverfahren. In diesem Fall der Flächenverschneidung. Die Betrachtung der Qualitätsinformationen wird dabei auf die Angabe Positionsgenauigkeit beschränkt.
- ▶ Funktionalität 2a: Ableitung weiterer Größen aus der Geometrie der Geodaten, dazu gehören z.B. der Flächeninhalt und der Flächenumfang. So kann für die in Funktionalität 1a ermittelte Schnittfläche zusätzlich der Flächeninhalt der Schnittfläche ermittelt werden. (Diese Funktionalität ist analog zu Funktionalität 1a.)
- ▶ Funktionalität 2b: Bestimmung der Qualität für die aus Funktionalität 2a ermittelten Werte, hier die Bestimmung der Flächengenauigkeit. (Diese Funktionalität ist analog zu Funktionalität 1b.)

Ein WPS stellt Funktionalitäten als sogenannte Prozesse bereit, d.h., die oben beschriebenen Funktionalitäten werden als Prozesse 1 und 2 implementiert, wobei Prozess 1 die Funktionalitäten 1a und 1b kapselt und Prozess 2 die Funktionalitäten 2a und 2b. Die Prozesse selbst werden ausgeführt, indem über HTTP Post eine Anfrage an die Execute-Operation des WPS gesendet wird, welche die zu verarbeitenden Geodaten bzw. einen Link darauf enthält. Die Geodaten, die an den WPS gesendet werden, müssen dabei als GML FeatureCollection kodiert werden, wobei jedes Feature ein Polygon bzw. gemäß dem Ansatz aus Abschnitt 4.2.2 ein MultiCurve-Aggregat repräsentiert.

## 5. UMSETZUNG DES KONZEPTS

Anhand eines Anwendungsfalls aus dem Forstbereich wird die Umsetzbarkeit und Praxisrelevanz des vorgestellten Konzepts zur web-basierten dynamischen Generierung von Qualitätsinformationen demonstriert und erläutert, warum die Angabe der Qualitätsinformationen auf Ebene der Geometrie-Teilstücke insbesondere für diesen Anwendungsfall bedeutend ist. Basierend auf diesem Anwendungsfall

wurde ein Prototyp implementiert, in dem als WPS das Java-basierte Framework deegree 2.1 (deegree, 2007) zum Einsatz kam. Das Framework bietet Implementierungen verschiedener OGC Web Service Spezifikationen, darunter auch eine WPS Implementierung in der Version 0.4.0, in welche die oben beschriebenen Funktionalitäten integriert wurden.

### 5.1 ANWENDUNGSFALL

Mit dem gewählten Anwendungsfall (Straub et al., 2004) soll ermittelt werden, welche Baumarten sich für ein bestimmtes Flurstück X besonders gut eignen und welche Fläche in ha hierfür zur Verfügung steht. Zwei Datensätze werden dafür miteinander verschnitten:

- 1 Standortsdaten, sie enthalten Informationen über die Bodenverhältnisse von Waldbeständen sowie Informationen über dafür geeignete Baumarten
  - 2 eine digitale Flurkarte (DFK) mit Informationen zu den einzelnen Flurstücken
- Zuerst werden die Daten der DFK, welche das Flurstück X beinhalten, mit den Standortsflächen, die das Gebiet des Flurstücks X abdecken, verschnitten. Als Ergebnis erhält man neue Flächen (die Schnittflächen), welche sich mit dem Flurstück X überschneiden. Mithilfe der Sachdaten der an der Verschneidung beteiligten Standortsflächen können nun Aussagen zur Baumarteneignung der Schnittflächen getroffen werden. Zudem beinhaltet das Ergebnis die

Flächeninhalte der einzelnen durch die Verschneidung entstandenen Flächen.

Durch Einbeziehung der Qualitätsinformationen in das Ergebnis kann der Anwendungsfall dahingehend erweitert werden, dass qualitative Angaben zur Genauigkeit der Flächengröße möglich sind. Angenommen, eine bestimmte Teilfläche des Flurstücks X eignet sich sehr gut für die Pflanzung von Fichten, dann kann zum einen ausgesagt werden, wie viel ha diese Teilfläche umfasst und zum anderen, welche Unschärfe die Größenangabe aufweist, d.h. welche Standardabweichung auftreten kann. Nach (Lother, 2003) ist diese Information insbesondere aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten interessant, so bestimmt die Flächengröße den Wert des Waldbestands und geht z.B. auch in die Lohnberechnungen für Forstarbeiten ein. Untersuchungen von Lother im ForstGIS Bayern ergaben beispielsweise, dass bei einer durchschnittlichen Flächengröße von 5,8 ha und einer Unschärfe von 5 m für den Flächeninhalt ein mittlerer Fehler von ca. 2 %, also ca. 1200 m<sup>2</sup>, entsteht.

### 5.2 BESTIMMUNG DER POSITIONSGENAUIGKEIT DER SCHNITTFLÄCHEN

Abbildung 5 zeigt, warum es wichtig ist, Qualitätsinformationen und insbesondere die Positionsgenauigkeit direkt bei der Geometrie speichern zu können. Darge-

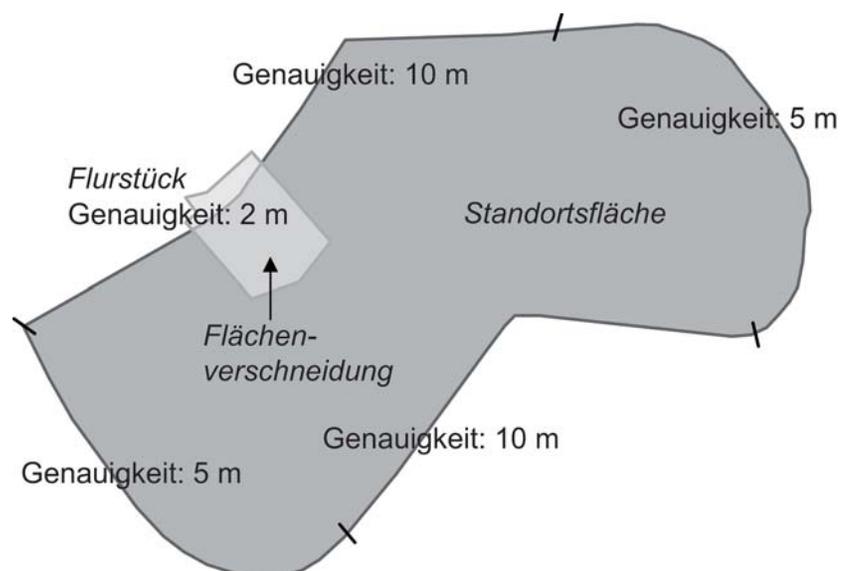


Abbildung 4: Flurstück und Standortsfläche mit metrischen Genauigkeiten

stellt sind ein Flurstück und eine Standortsfläche aus den beiden verwendeten Datensätzen sowie die entsprechenden Informationen zur Positionsgenauigkeit. Die Standortsfläche besitzt natürliche Grenzen und kann innerhalb ihrer Grenzen unterschiedliche Genauigkeiten aufweisen, weshalb Standortsflächen den in Abschnitt 3.2 beschriebenen unscharf abgegrenzten Flächen zuzuordnen sind. Um alle Unschärfen, die eine Grenze aufweisen kann, zu kennen, ist es notwendig, dass die Positionsgenauigkeit direkt bei der Geometrie des entsprechenden Grenzstücks gespeichert wird. Die Flurstücke hingegen besitzen künstliche Grenzen und damit exakte Grenzpunkte; sie gehören zu den scharf abgegrenzten Flächen. Hier kann es ausreichend sein, die Qualitätsinformationen einmal für den gesamten Datensatz zu speichern.

Zum Speichern der Qualitätsinformation auf Geometrieebene wird der in Abschnitt 3.2 beschriebene linienweise Ansatz von Glemser angewandt. Jedes Polygon wird in einzelne Liniensegmente aufgeteilt und die Qualität direkt dem

gone übertragen, es findet somit eine Vererbung statt.

Abbildung 6 veranschaulicht dies: Dargestellt ist das Ergebnispolygon der Verschneidung von Flurstück und Standortsfläche aus Abbildung 5. Das Polygon enthält Informationen über die am besten geeigneten Baumarten und die Flächengröße. Durch Einbeziehung der Qualitätsinformationen aus den Eingangsdaten kann das Ergebnispolygon zusätzlich mit Genauigkeiten zu den einzelnen Liniensegmenten, die den Rand des Polygons beschreiben, versehen werden.

Neben der Kenntnis der Positionsgenauigkeit von Konturlinien einer Fläche ist es für diesen Anwendungsfall auch wichtig, Aussagen über die Genauigkeit des Flächeninhalts treffen zu können. Bei scharf abgegrenzten Flächen kann die Flächengenauigkeit z.B. durch die Anwendung des Fehlerfortpflanzungsgesetzes auf die Gauß'sche Flächenformel ermittelt werden (Bill, 1998). Hierfür werden Punktgenauigkeiten benötigt, welche jedoch i.d.R. für unscharf abgegrenzte Flächen nicht vorliegen, diese besitzen nur Liniengenauigkeiten. Um dennoch

den. Ihre Tauglichkeit, speziell für den Forstbereich, wird in (Lothar, 2003) belegt.

### 5.3 SYSTEMARCHITEKTUR DES PROTOTYPS

In den konzeptionellen Überlegungen des vorhergehenden Kapitels wurde festgelegt, dass die Funktionalitäten durch zwei getrennte WPS-Prozesse realisiert werden sollen. Um in einer realen Umgebung eingesetzt werden zu können, wurde der WPS um zusätzliche Komponenten ergänzt, wodurch die Ausführung des Anwendungsfalls als kompletter Geoprocessing Workflow möglich wird. Die daraus resultierende Systemarchitektur ist in Abbildung 6 dargestellt.

Zentrale Komponente des Systems ist der sogenannte Aggregate Service, der vollständig die Steuerung des Geoprocessing Workflows übernimmt. Die Informationen zur Steuerung des Ablaufs werden dabei statisch im Quellcode des Aggregate Service hinterlegt. Als Alternative hierzu könnten diese Informationen auch in einer formalen Sprache wie z.B. BPEL hinterlegt werden (Gruber, 2007; OGC, 2008). Da die Geodaten in Form von GML-Dokumenten benötigt werden, bietet es sich an, diese über einen WFS vom Speicherort abzurufen. Die wichtigste Komponente stellt der WPS mit den Prozessen 1 und 2 dar, welche die Funktionalitäten 1a und 1b bzw. 2a und 2b ausführen, d.h. hier werden die Flächenverschneidung vorgenommen, die Positionsgenauigkeit für die Ergebnisdaten bestimmt sowie die Fläche und Flächengenauigkeit ermittelt.

Ein Workflow, bei dem beide Funktionalitäten hintereinander ausgeführt werden, würde somit folgendermaßen ablaufen: Der Anwender wählt über ein Formular die zu verschneidenden Datensätze aus, (Punkt 1 der Abbildung). Danach sendet eine Clientanwendung die Benutzereingaben an den Aggregate Service (2). Dieser wiederum sendet eine HTTP-Anfrage an die entsprechenden WFS-Instanzen (3), um von diesen die benötigten Datensätze in Form von GML-Dokumenten zu erhalten (4). Anschließend leitet der Aggregate Service die Daten über eine weitere HTTP-Anfrage an den WPS-Prozess 1 weiter (5). Das Ergebnis der Verschneidung wird vom Aggregate Service entgegen genommen (6) und an Prozess

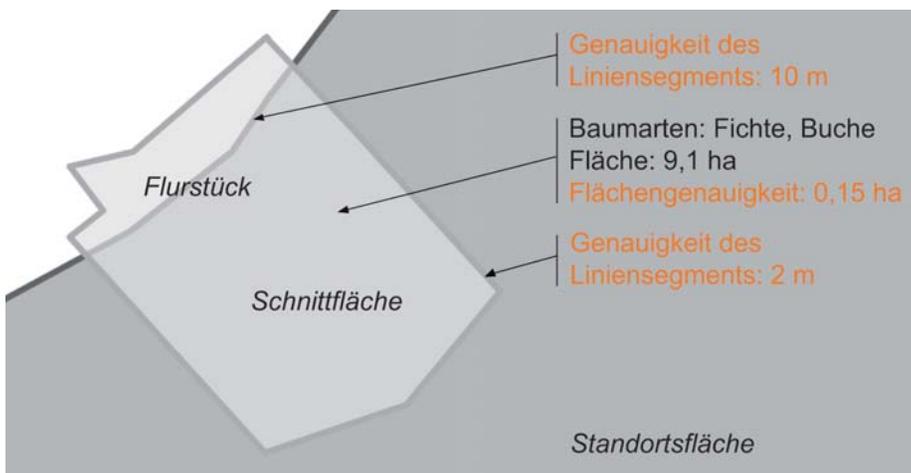


Abbildung 5: Flächenverschneidung und Fehlerfortpflanzung

entsprechenden Liniensegment hinzugefügt. Wird anschließend eine Flächenverschneidung auf diese Polygone angewandt, verhält sich die Fehlerfortpflanzung und Qualitätsbestimmung in Funktionalität 1b wie in Abschnitt 3.2 beschrieben: die Qualitätsangaben der Liniensegmente werden einfach auf die Liniensegmente der neu erzeugten Poly-

grobe Aussagen über die Flächengenauigkeit natürlicher Flächen treffen zu können, wird eine modifizierte Formel von Zöhler/Magnussen (Magnussen, 1996) eingesetzt, die speziell für die Abschätzung der Genauigkeit von Vegetationsflächen im Forstbereich entwickelt wurde. Diese Formel kann auch für die Abschätzung der Genauigkeit von Schnittflächen angewandt wer-

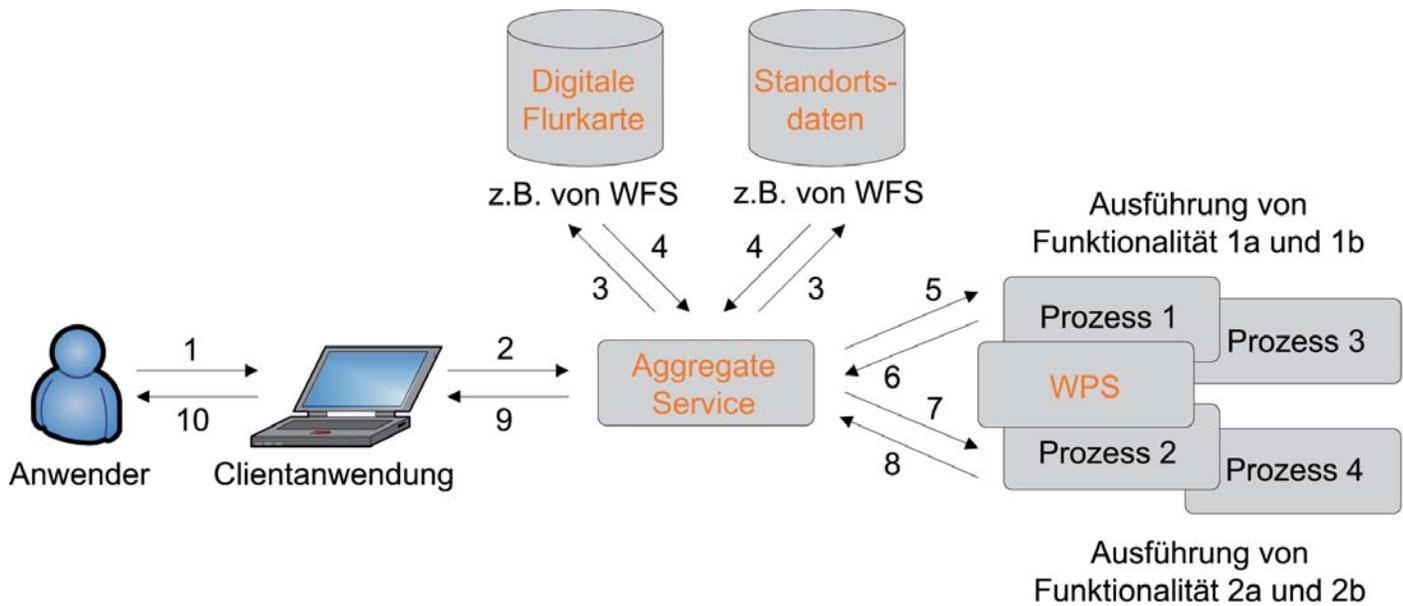


Abbildung 6: Komponenten des Systems

2 gesendet (7). Nach Rückgabe der Ergebnisdaten durch den WPS-Prozess 2 (8) kann der Aggregate Service das Gesamtergebnis an den Client zurückschicken (9) und dieses schließlich vom Anwender genutzt werden (10).

Um die Validierbarkeit der Ergebnisdaten zu gewährleisten, werden zusätzliche Operationen zur Generierung von Schemadateien für die Ergebnisdaten benötigt. Hierzu dienen die Prozesse 3 und 4, sie erzeugen XML-Schemata, welche die Struktur der GML-Ergebnisdateien beschreiben und dadurch eine Validierung der GML-Dateien ermöglichen.

## 6. AUSBLICK

Dieser Beitrag stellte ein Konzept vor, wie sich Qualitätsinformationen unter der Verwendung von ISO-Normen und OGC-Standards in service-orientierte Geoprocessing Workflows integrieren lassen und demonstrierte die Umsetzbarkeit und Relevanz des entwickelten Konzepts anhand eines Anwendungsfalls aus der Forstwirtschaft. Es konnte gezeigt werden, dass sich die WPS-Schnittstelle für die dynamische Generierung von Qualitätsinformationen zur Laufzeit eignet und dass diese Qualitätsinformationen zudem für unterschiedliche Datenebenen erzeugt werden können. Da das Konzept generisch ist, lässt es sich problemlos auf unterschiedliche Anwendungsbereiche übertragen.

Die Erläuterungen konzentrierten sich dabei auf die Positionsgenauigkeit. In der Realität enthalten Geodaten aber weitaus mehr Metadatenelemente, so dass untersucht werden sollte, welche Metadaten darüber hinaus infrage kommen, um dynamisch in Geoprocessing Workflows erzeugt zu werden. Das gleiche gilt für Analysefunktionalitäten. Neben der Flächenverschneidung existieren eine Reihe weiterer wichtiger Analysefunktionalitäten, für die das vorliegende Konzept betrachtet werden sollte. Da das Konzept generisch gehalten wurde, sollte es grundsätzlich auch für andere Analysefunktionalitäten anwendbar sein. Untersucht werden sollte auch, inwieweit sich das vorgestellte Konzept auf ein feldbasiertes Modell bzw. auf Rasterdaten übertragen lässt. Dies wäre zum Beispiel interessant, um die Aussagekraft von aus Fernerkundungs- / GMES-Daten abgeleiteten Produkten beurteilen zu können. Der WPS müsste hierbei durch einen entsprechend erweiterten WCPS (OGC, 2009a) ersetzt werden.

Einen interessanten Ansatz zur Beschreibung von Unsicherheiten bietet das vor Kurzem als OGC Discussion Paper veröffentlichte UncertML (Uncertainty Markup Language) (OGC, 2009b). Hierbei handelt es sich um ein XML-Schema zur Beschreibung von Unsicherheiten. Dies können einfache Statistiken sein wie Mittelwert und Varianz einer Beobachtung, als auch

komplexere Darstellungen wie parametrische Verteilungen an jedem Punkt eines regelmäßigen Grids. UncertML könnte deshalb bezüglich des in dem hier beschriebenen linienweisen Ansatzes durchaus zum Einsatz kommen. Die Werte müssten dann jedoch durch UncertML-Elemente gekapselt werden, so dass sich dieser Ansatz eher zu eignen scheint, wenn die von ISO 19115 zur Verfügung gestellten Metadatenelemente nicht zur Beschreibung der Unsicherheit ausreichen. Zudem ist die Ausrichtung von UncertML eine andere als ISO 19115: Die Metadatenelemente aus ISO 19115 repräsentieren Daten über Daten, es werden also anhand von Metadaten Unsicherheiten von Daten beschrieben. Bei UncertML dagegen werden die Daten selbst als unsicher betrachtet, d.h., die eigentlichen Daten repräsentieren die Unsicherheiten und nicht Metadaten (OGC, 2009b).

Ein anderer wichtiger Aspekt stellt die Visualisierung von Metadaten dar. GML ist nur in begrenztem Maße dazu bestimmt, Informationen in benutzerfreundlicher Weise darzustellen und die Struktur von GML-Dokumenten ist für fachfremde Nutzer nur schwer verständlich. Es existieren zwar GML-Viewer, jedoch müssten diese um eine Funktionalität zur Visualisierung von Metadaten erweitert werden, so dass Anwender wirklichen Nutzen aus den generierten Qualitätsinformationen ziehen können. ◀

## 7. Literatur:

- Bartelme, N. (2005): Geoinformatik – Modelle, Strukturen, Funktionen. Springer Verlag.
- Bill, R.; Korduan, P. (1998): Flächenverschneidung in GIS – Stochastische Modellierung und Effizienzbetrachtungen. In: Zeitschrift für Vermessungswesen 8, S. 247–253.
- Brauner, J. (2008): Anbindung von GIS-Funktionalitäten an eine Geodateninfrastruktur über eine Web Processing Service Schnittstelle. In: GIS – Zeitschrift für Geoinformatik 3, S. 18–25.
- deegree (2007): deegree 2.1. Internet: <http://www.deegree.org/>.
- Devillers, R.; Jeansoulin, R. (2006): Spatial Data Quality: Concepts. In: Fundamentals of Spatial Data Quality. ISTE Ltd., S. 31–42.
- Donaubauer, A. (2004): Interoperable Nutzung verteilter Geodatenbanken mittels standardisierter Geo Web Services. Dissertation, Technische Universität München, Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen.
- Glemser, M. (2000): Zur Berücksichtigung der geometrischen Objektunsicherheit in der Geoinformatik. Dissertation, Universität Stuttgart.
- Gruber, J. (2007): Erweiterung der Business Process Execution Language (BPEL) zur Modellierung und Steuerung von Geschäftsprozessen mit Raumbezug in verteilten Systemen. Diplomarbeit, Technische Universität München. Unveröffentlicht.
- ISO (2003a): ISO 19113 Geographic information – Quality principles.
- ISO (2003b): ISO 19115 Geographic information – Metadata.
- ISO (2007): ISO 19139 Geographic information – Metadata – XML schema implementation.
- Joos, G. (1999): Zur Qualität von objektstrukturierten Geodaten. Dissertation, Universität der Bundeswehr München.
- 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 11(6), S. 819–834.
- Kutzner, T. (2008): Konzept zur dynamischen Generierung von Metainformation für service-orientierte Geoprocessing Workflows. Diplomarbeit, Technische Universität München.
- Lothar, G. (2003): Konzeptionelle Aspekte eines landesweiten Fachgeoinformationssystems für die Bestandsdokumentation forstlicher Geodaten. Dissertation, Technische Universität München.
- Magnussen, S. (1996): A Coordinate-Free Area Variance Estimator for Forest Stands with a Fuzzy Outline. In: Forest Science 42 1, S. 76–85.
- OGC (2004): OpenGIS Geography Markup Language (GML) Implementation Specification, Version 3.1.1. OGC Dokument 03–105r1.
- OGC (2007a): OpenGIS Geography Markup Language (GML) Encoding Standard, Version 3.2.1. OGC Dokument 07–036.
- OGC (2007b): Web Coverage Service (WCS) Implementation Standard, Version 1.1.2. OGC Dokument 07–067r5.
- OGC (2005): OpenGIS Web Feature Service (WFS) Implementation Specification: Version 1.1.0. OGC Dokument 04–094.
- OGC (2007c): OpenGIS Web Processing Service: Version 1.0.0. OGC Dokument 05–007r7.
- OGC (2008): Summary of the OGC Web Services, Phase 5 (OWS-5) Interoperability Testbed. OGC Dokument 08–073r2.
- OGC (2009a): OpenGIS Web Coverage Processing Service (WCPS) Language Interface Standard: Version 1.0.0. OGC Dokument 08–068r2.
- OGC (2009b): Uncertainty Markup Language (UncertML): Version 0.6. OGC Dokument 08–122r2.
- Straub, F.; Donaubaue, A.; Löwis of Menar, O. von (2004): Webbasierte Verschneidung verteilter Geodaten für die forstliche Standortserkundung. In: GeoBit – Geoinformatik für die Praxis 11, S. 30–31.

## IMPRESSUM // PUBLICATION INFORMATION:

GIS.SCIENCE – Die Zeitschrift für Geoinformatik ISSN 1430–3663 // Herausgeber: Dirk Schmidbauer // Redaktion: Dipl.Geogr. Monika Rech (Chefredaktion), Verena Zimmer M.A. // Mitarbeiter dieser Ausgabe: Dipl.-Geogr. Timo Thalmann (ttm), Marcus Sefrin (ms), PGDip (Sci) Martin Soutschek (mso) // Kontakt Redaktion Köln: +49(0)221/93 11 92 86, HD +49(0)6221/75704–106, [gis.business@abcverlag.de](mailto:gis.business@abcverlag.de) | Konzeption und Layout: Dipl. Des. Birgit Speiser // Anzeigen: Matthias Knecht, [matthias.knecht@abcverlag.de](mailto:matthias.knecht@abcverlag.de), +49(0)6221/75704–105 // Leserservice: Ingrid Gimbel, [ingrid.gimbel@abcverlag.de](mailto:ingrid.gimbel@abcverlag.de), +49(0)6221/75704–100 // GIS.SCIENCE erscheint im abcverlag GmbH, Waldhofer Str. 19, 69123 Heidelberg, Tel. +49(0)6221/75704–100, Fax +49(0)6221/75704–109, [info@abcverlag.de](mailto:info@abcverlag.de) // Geschäftsführung: Dirk Schmidbauer, HRB 337388, Ust-ID: DE 227 235 728 // Druck: abcdruck, Heidelberg // Erscheinungsweise: 12 x jährlich, davon 4 Ausgaben GIS.SCIENCE plus 2 Sonderthemenhefte GIS.TRENDS+MARKETS // Jahresabonnement (12 Hefte): Inland 157,25 EUR inkl. Versandkosten, Ausland 166 EUR inkl. Versandkosten, Studenten/Auszubildende 89,- EUR inkl. Versandkosten, Mitglieder des Deutschen Dachverbandes für Geoinformation e.V. (DDGI) erhalten das Abo im Rahmen ihrer Mitgliedschaft // Bezugszeitraum: Das Abonnement läuft zunächst für 12 Monate. Zum Ablauf des ersten Bezugsjahres kann das Abonnement zum Ende des Kalenderjahres mit einer Kündigungsfrist von 3 Monaten gekündigt werden. Bei Nichterscheinen aus technischen Gründen oder höherer Gewalt entsteht kein Anspruch auf Ersatz. // Alle in GIS.BUSINESS und GIS.SCIENCE und GIS.TRENDS+MARKETS erscheinenden Beiträge, Abbildungen und Fotos sind urheberrechtlich geschützt. Reproduktion, gleich welcher Art, kann nur nach schriftlicher Genehmigung des Verlags erfolgen. © 2009 abcverlag GmbH, Heidelberg