

# Standardisierte Mehrwertdienste für GMES-, In Situ- und Simulationsdaten

Peter Baumann

## Zusammenfassung

Spätestens seit GoogleEarth ist offensichtlich, dass Rasterdaten integraler Bestandteil künftiger Geodienste sein werden. Über die bloße Porträtierung von Orthophotos hinaus wird dies zunehmend auch Mehrwertdienste beinhalten, um Rasterdaten original oder aufbereitet zum Download anzubieten, oder auch um flexible serverseitige Analysen vorzunehmen.

Der entsprechende Standard für solche Geodienste ist der Web Coverage Service (WCS) des Open GeoSpatial Consortiums (OGC). WCS erlaubt eine einfach zu benutzende räumliche und zeitliche Ausschnittsbildung, dazu Kanal- («Band-») Selektion, Skalierung und Reprojektion. Der Web Coverage Processing Service (WCPS) erweitert WCS durch eine multidimensionale Raster-Anfragesprache um flexible Mehrwertdienste. Im vorliegenden Beitrag stellen wir den aktuellen Stand der OGC-Standardisierung der Rasterdienste WCS und WCPS vor.

## Summary

*GoogleEarth has made it very obvious: raster data will be an integral part of geoservices from now on. Beyond mere portrayal of ortho photos this will increasingly encompass value-adding services for offering raster data (in original shape or processed) for download and also for flexible server-side data analysis.*

*The corresponding standard for such geo services is the Web Coverage Service (WCS) of the Open GeoSpatial Consortium (OGC). WCS allows easy-to-use spatial and temporal subsetting, additionally field («band») selection, scaling and re-projection. The Web Coverage Processing Service (WCPS) expands WCS with flexible value-adding services by means of a multi-dimensional raster expression language.*

*In this contribution we present the current state of OGC WCS and WCPS standardization.*

## 1 Motivation

Spätestens seit GoogleEarth ist offensichtlich, dass Rasterdaten integraler Bestandteil künftiger Geodienste sein werden. Dabei bilden 2D-Bilddaten nur die Spitze des Eisbergs – weitere Vertreter der multidimensionalen Rasterdaten sind etwa 1D-Sensorzeitreihen, 3D-Bildzeitreihen (x/y/t) und Explorationsdaten (x/y/z) sowie 4D-Klimadaten (x/y/z/t). Oft liegen die Datenvolumina einzelner Objekte im Multi-Terabyte-Bereich, in Zukunft im Multi-Petabyte-Bereich.

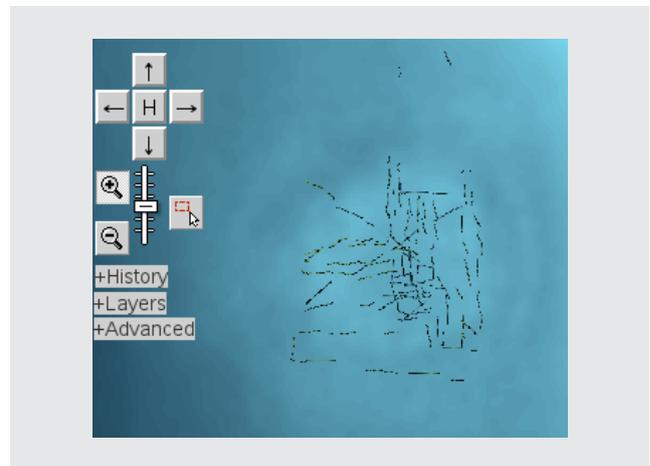


Abb. 1: Web Map Service (WMS) implementiert als Raster-Datenbankabfrage (Hakon-Mosby-Unterwasservulkan; Bathymetrie-Layer, dynamisch eingefärbt und überlagerte Videomosaik aus Unterwasserroboter-Befahrungen; Bildmaterial mit frdl. Genehmigung des AWI Bremerhaven)

In allen Geodaten-Infrastrukturen (GDien) sind daher auch Rasterdaten einbezogen, beispielsweise in der GDI-DE (Ahlgrimm et al. 2007) und im INSPIRE »Data Specifications« Drafting Team Deliverable 2.6 (2007).

Im Open GeoSpatial Consortium (OGC, [www.opengeospatial.org](http://www.opengeospatial.org)) wird seit längerem am Web Coverage Service (WCS) als zentralem Rasterdienste-Standard gearbeitet. Dieser Basisdienst findet sich u.a. auch eingebettet in anwendungsorientierten Diensten wieder, etwa in der Sensor Web Enablement (SWE) Suite.

Im vorliegenden Beitrag wird der aktuelle Stand der Rasterdaten-Standardisierung vorgestellt. Der Autor arbeitet seit Jahren aktiv im OGC an der Entwicklung von Rasterdiensten mit und ist inzwischen Co-Chair der WCS- und Coverages-Arbeitsgruppe sowie der WCPS-Arbeitsgruppe.

## 2 OGC-Standards

Die Komplexität der Materie verbietet es, einen einzigen Geodienste-Standard zu definieren. OGC entwickelt daher eine modulare Familie von Standards. Verbindliche gemeinsame Prinzipien sind niedergelegt in den Abstrakten Spezifikationen (z.B. ISO TC211), OWS Common (Whiteside 2007) und GML. Zu diesen Grundlagen zählt etwa, dass alle Dienste einen obligatorische Requesttyp *GetCapabilities* definieren, mit dem ein Client das Dienstangebot eines Servers abfragen kann.

Der klassischen Dreiteilung von Geodaten folgend existieren drei OGC-Basisdienste: Web Feature Service (WFS) für Vektordaten (Panagiotis 2005), Web Coverage Service (WCS) für Rasterdaten<sup>1</sup> (Whiteside und Evans 2008) und Web Catalog Service (CS-W) für Metadaten (Nebert et al. 2007). Eine weitere Klasse von Diensten ist

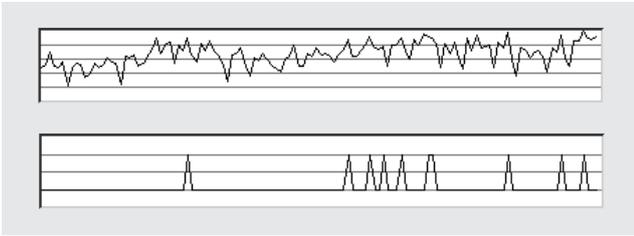


Abb. 2: 1D-Zeitreihe als t-Coverage (oben) und Ergebnis-Coverage einer WCPS-Schwellwert-Abfrage (unten)

verarbeitungsorientiert, etwa der Web Processing Service (WPS) (Schut und Whiteside 2005). Anwendungsorientierte Dienste bauen oft darauf auf, etwa das Sensor Web Enablement (SWE) (Baumann 2008b).

Im Weiteren wird der aktuelle Stand der OGC-Standardisierung speziell von Rasterdiensten vorgestellt.

### 3 WCS

Zielsetzung beim WCS ist es, Zugriff auf die multidimensionalen Originaldaten zu erlauben – im Gegensatz zum WMS, der ein Bild generiert, dessen Pixelwerte nicht unbedingt den Ursprungswerten entsprechen. Ein gutes Beispiel liefern Höhenmodell-Daten: ein WCS würde Höhenwerte liefern, ein WMS eine Farbcodierung. WCS-Daten behalten also ihre Original-Semantik und können daher sinnvoll weiterverarbeitet werden.

#### 3.1 Das Coverage-Modell

OGC-Coverages sind definiert in Abstract Specification Topic 6, Schema for coverage geometry and functions (ISO TC211), die wiederum auf ISO 19123 (ISO TC211 2006) basiert. Danach sind Coverages Funktionen, welche Positionen aus dem Definitionsbereich (*domain*) auf Werte eines Wertebereichs (*range*) abbilden. Die Domäne kann eine bis vier raum-zeitliche Dimensionen besitzen sowie ein oder mehrere Koordinatensysteme (*Coordinate Reference System*, CRS). Eine künftige Erweiterung soll auch nicht-raumzeitliche, sogenannte »abstrakte« Achsen zulassen; dazu soll die modulare CRS-Beschreibungstechnik von ISO 19111-2 (OGC 2006) verwendet werden.

<sup>1</sup> »Coverage« in OGC-Nomenklatur – derzeit werden aufgrund ihrer Komplexität von den vielen möglichen Coverage-Typen lediglich Rasterdaten von WCS betrachtet.

Eine andere geplante Erweiterung zielt auf die Generalisierung des Rasterbegriffs ab, hin zu allgemeineren Gittertypen.

Die Pixel- (oder allgemeiner: Zell-) Werte können atomar (*range values*) oder zusammengesetzt (*range fields*) sein.

Neben diesen eigentlichen Rasterdaten besitzt eine Coverage noch einige technisch erforderliche Metadaten: einen lokal auf dem Server eindeutigen Identifikator, die unterstützten Koordinatensysteme, Bounding Boxes für diese Koordinatensysteme sowie optionale Referenzen auf weitere Metadaten. Für jede Zellenkomponente kann eine Liste von Nullwerten und anwendbaren Interpolationsmethoden angegeben werden. Beispielsweise kann für eine optische Komponente, etwa sichtbare Spektralkanäle, lineare und quadratische Interpolation zulässig, auf einer Komponente mit Landnutzungsdaten jedoch keine Interpolation möglich sein.

#### 3.2 Coverage-Abfragen

Drei Request-Typen stellt WCS für den Coverage-Zugriff zur Verfügung: Mit einer *GetCapabilities*-Anfrage bezieht ein Client zuerst eine Liste der angebotenen Coverage-Objekte sowie der Fähigkeiten des Servers (z.B. die unterstützten Datenformate). Detaillierte Metainformationen können optional über einen *DescribeCoverage*-Request erfragt werden. Der *GetCoverage*-Request schließlich erlaubt den Zugriff auf die Coverage-Daten. Fünf Basisfunktionalitäten sind in einem *GetCoverage*-Aufruf kombinierbar: raum-zeitliche Ausschnittsbildung, Selektion von Range-Komponenten, Skalierung, Reprojektion und Codierung des Ergebnisses in einem Datenaustauschformat.

Attraktiv an WCS ist seine Einfachheit; allerdings wurden im Laufe der Zeit verschiedenste Anforderungen nach weitergehender Funktionalität an die WCS-Arbeitsgruppe herangetragen. Statt den WCS mit einem Konglomerat von willkürlich herausgepickten Funktionen aufzublähen, wurde mit WCPS (Baumann 2008a) eine Raster-Anfragesprache entwickelt, mit der auf Basis einer klar definierten Semantik ein Client ad hoc Anfragen formulieren kann.

### 4 WCPS

WCPS erweitert WCS um einen weiteren Anfragetyp, *ProcessCoverages* (Baumann 2008b). Dieser erwartet als Eingabe einen WCPS-Ausdruck und liefert als Ergebnis eine Menge von bearbeiteten Coverages zurück. Je nach Ergebnistyp des Ausdrucks können alternativ auch skalare Werte geliefert werden, etwa als Ergebnis von Summationsoperationen.

Basierend auf dem Coverage-Modell des WCS bietet WCPS ein Set von Funktionen zur serverseitigen Bearbeitung von Coverages. Über die Schachtelung von Funktionsaufrufen lassen sich beliebig komplexe Ausdrücke bilden. Damit ist ein weites Spektrum von Algorithmen aus Bild- und Signalverarbeitung sowie Statistik formu-

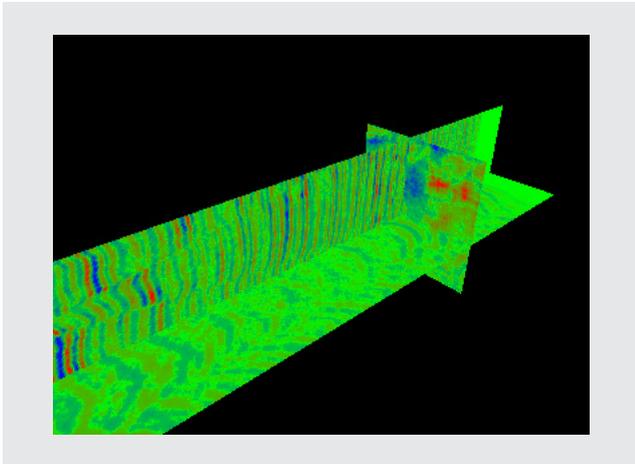


Abb. 3: Interaktive Abfrage einer x/y/z-Coverage (geologische Reflexionsdaten); via WCPS werden drei orthogonale Schnitte geladen

lierbar. Zu den wichtigsten Funktionalitäten von WCPS zählen die Folgenden:

- Ausschnittsbildung: sowohl Ausschnitte der gleichen Dimensionalität lassen sich extrahieren (etwa Teile von Bildern) als auch Schnitte niedriger Dimension (etwa Schnitte durch Geotomogramme).
- Zellweise Verarbeitung von Coverages mit den wohl-bekannteren Booleschen, arithmetischen, trigonometrischen und exponentiellen Funktionen; Beispiel: der Ausdruck » $a + b$ « addiert zwei Coverages Zelle für Zelle; das Ergebnis ist eine Coverage der gleichen Größe.
- Summation über Coverages: Beispiel: » $avg(a.red)$ « liefert den Durchschnitt über alle Pixel der Rot-Komponente.
- Suche über Mengen von Coverages; damit lässt sich über frei vom Benutzer formulierbare Prädikate steuern, welche Coverages für das Gesamtergebnis berücksichtigt werden sollen.

Das folgende Beispiel möge einen Eindruck von der WCPS-Sprache geben:

```
for m in ( Modis1, Modis2, Modis3 ),
  r in ( RegionMask )
where
  max( m.nir * ( r>0 ) ) > 127
return
  encode( (char) 255 * m.red / m.nir, "TIFF" )
```

Diese Anfrage inspiziert der Reihe nach die Coverage-Objekte *Modis1*, *Modis2* und *Modis3* und bindet sie an die Variable *m*. Auf einer zweiten Schleifen-Schachtelungsebene wird eine Maske *RegionMask* für Regionen

eingebunden und über die Variable *r* verfügbar gemacht. Für jede ausgewertete m/r-Kombination werden nur diejenigen in die Resultatmenge übernommen, bei denen das Maximum im nahen Infrarot (*nir*) innerhalb des maskierten Bereichs den Wert 127 überschreitet. Jedes Element der Ergebnismenge wird dann weiter verarbeitet: der Rot-

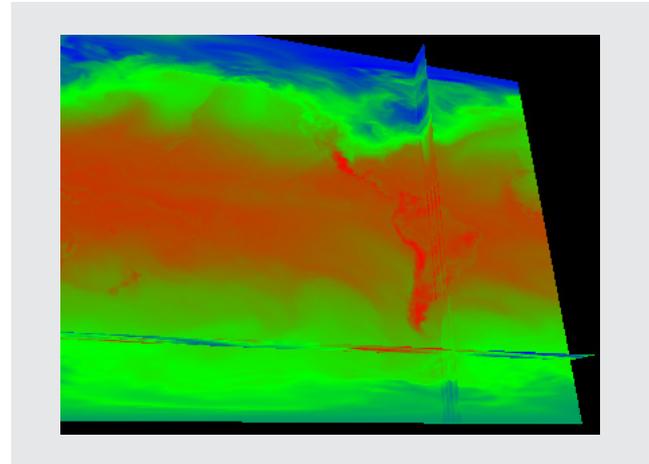


Abb. 4: Interaktive Abfrage einer x/y/z-Coverage (Ost/West-Windgeschwindigkeit); via WCPS werden drei orthogonale Schnitte geladen

Wert wird durch den Nahinfrarot-Wert dividiert, das Ergebnis auf Werte zwischen 0 und 255 normiert und auf 8-bit Pixelwerte abgebildet. Das Gesamtergebnis, technisch gesehen nun ein Grauwertbild, wird in TIFF codiert.

Anhand dieses Beispiels wird klar, warum WCPS auch als »Raster-SQL« bezeichnet wird: Wie SQL die Suche und Vorverarbeitung von alphanumerischen Daten erlaubt, so leistet WCPS dies für multidimensionale Rasterdaten. Ebenso wie SQL ist auch WCPS »sicher in der Auswertung«, das heißt: jede zulässige Anfrage terminiert nach einer endlichen Zahl von Schritten.

## 5 Zusammenfassung

Mit WCS als Basis-Standard für den Rasterzugriff und WCPS als Mehrwertdienst existiert eine offene Standard-Plattform für eine Vielzahl von Applikationen. Hinsichtlich der Prozessierung von Rasterdaten können Entwickler künftig zwischen WCPS und WPS wählen:

- WPS erlaubt es, prinzipiell beliebige Funktionalität zu »webifizieren«. Allerdings sind die angebotenen Funktionen im Server fest verdrahtet. WPS ist damit vor allem für hochkomplexe Dienste geeignet. Eine automatische Orchestrierung ist schwierig.
- WCPS bietet eine flexible Sprache, um ad hoc und ohne Programmierung einfache oder komplexe Rasteranfragen zu stellen. Damit ist WCPS geeignet für Berechnungsaufgaben, welche sich explizit formulie-

ren lassen (zum Beispiel der Vegetationsindex). Automatische Orchestrierung und Optimierung sind sehr gut unterstützt.

Die aktuelle Version von WCS, 1.1 Corrigendum 2 (auch bezeichnet als Version 1.1.2), wurde im Frühjahr 2008 verabschiedet. Im OGC-Testbett OWS-5 wurden in 2007/2008 u. a. Geoprocessing, Sensor Web Enablement und WPCS erfolgreich getestet. WPCS wurde in 2006 als Best Practice Paper verabschiedet und befindet sich seit Ende Juni 2008 in der finalen 30-tägigen *public review period* als WCS-Extension. Bis Herbst 2008 dürfte die Standardisierung damit abgeschlossen sein.

Derzeit findet im OGC die Ausrichtung auf ein neues, allgemeinverbindliches Schema zur Strukturierung der Funktionalität einer Spezifikation statt: Jeder Standard definiert einen minimalen Kern (*core*) von Funktionalität sowie eine beliebige Menge von Erweiterungen (*extensions*). Der Implementierer eines Standards muss den Kern implementieren und kann – ggf. abhängig von technisch bedingten Abhängigkeiten – beliebige Erweiterungen implementieren. Im Rahmen der *GetCapabilities*-Anfrage kann ein Client feststellen, welche Erweiterungen der angesprochene Server unterstützt. Im Fall von WCS wird eine Implementierung des Kerns beispielsweise voraussichtlich lediglich 2D-x/y-Daten, keine Reprojektion und keine Datenformat-Konversion unterstützen müssen. Die beiden ersten WCS-Erweiterungen sind WCS-T, eine Schnittstelle zum Hochladen von Coverage-Daten in einen WCS-Dienst, und der hier diskutierte WPCS. Zu den anderen in Diskussion befindlichen Erweiterungen zählen etwa n-dimensionale raum-zeitliche und abstrakte Datenräume, sowie diverse Datenformate wie GeoTIFF, NetCDF und NITF.

Eine sehr aktive WCS-Anwendergruppe ist GALEON (Geo-interface to Atmosphere, Land, Earth, Ocean, NetCDF; [www.ogcnetwork.net/?q=galeon](http://www.ogcnetwork.net/?q=galeon)). Sie berichtet regelmäßig über Implementierungserfahrungen und bringt neue Anforderungen ein, beispielsweise die erwähnten irregulären Gitter und nicht-raumzeitliche Dimensionen.

Eine Reihe von WCS-Implementierungen sind inzwischen bekannt, u. a. von der Universität Florenz, NCAR,

PCI Geomatics und ESRI. Die WPCS-Referenzimplementierung wurde an der Jacobs University in Zusammenarbeit mit rasdaman GmbH erstellt; eine Demonstrations-Website ist unter [www.earthlook.org](http://www.earthlook.org) im Aufbau. Seitens der Industrie wurde bereits deutliches Interesse signalisiert.

#### Literatur

- Ahlgrimm, B., et al: Architektur der Geodateninfrastruktur Deutschland, Version 1.0. GDI-DE, 2007-08-17.
- Baumann, P. (ed.): Web Coverage Processing Service (WPCS) Implementation Standard. OGC document 08-068, 2008a.
- Baumann, P. (ed.): Web Coverage Service 1.1.2 – ProcessCoverages Extension. OGC document 08-059r2, 2008b.
- Botts, M.; Robin, A.; Davidson, J.; Simonis, I. (eds.): Sensor Web Enablement Architecture. OGC document 06-021r1, 2006.
- INSPIRE Drafting Team »Data Specifications«: Deliverable D2.6: Methodology for the development of data specifications, version 2.0. Document id D2.6\_v2.0\_final.doc, 2007-08-23.
- ISO TC211: Abstract Specification Topic 6: Schema for coverage geometry and functions, OGC 07-011 (ISO 19123).
- ISO TC211: ISO 19123, Geographic information – Schema for coverage geometry and functions. ISO/TC 211 N 1475, 2006.
- Schut, P.; Whiteside, A.: Web Processing Service (WPS). OGC document 05-007r4, 2005.
- Nebert, D.; Whiteside, A.; Vretanos, P. (eds.): Catalogue Service Implementation Specification, version 2.0.2. OGC document 07-006r1, 2007.
- OGC: ISO 19111-2, Geographic information – Spatial referencing by coordinates – Part 2: Extension for parametric values. ISO/TC 211 N 2069, 2006.
- Panagiotis, V. (ed.): Web Feature Service (WFS) Implementation Specification, version 1.1. OGC document 04-094, 2005.
- Whiteside, A.; Evans, J. (eds.): Web Coverage Service (WCS) Implementation Specification, version 1.1.2. OGC document 07-067r5, 2008.
- Whiteside, A. (ed.): OGC Web Services Common Specification, version 1.1.0. OGC document 06-121r3, 2007.

#### Anschrift des Autors

Dr. Peter Baumann  
Jacobs University Bremen  
Campus Ring 12  
28759 Bremen