



## Master Thesis

im Rahmen des

Universitätslehrganges „Geographical Information Science & Systems“  
(UNIGIS MSc) am Zentrum für GeoInformatik (Z\_GIS)  
der Paris Lodron-Universität Salzburg

zum Thema

# „Interoperabilität von GIS und Image Analysis Systemen im Sicherheitsmanagement auf der Basis von OGC-Standards“

vorgelegt von

**Klaus Scholle**

U1335, UNIGIS MSc Jahrgang 2007

Zur Erlangung des Grades

„Master of Science (Geographical Information Science & Systems) – MSc(GIS)“

Gutachter:

Ao. Univ. Prof. Dr. Josef Strobl

Melle, 27.07.2009

## **Vorwort**

Diese Arbeit ist nach Abschluss des Universitätslehrganges Geographical Information Science & Systems an der Universität Salzburg verfasst worden. Neben den während des Universitätslehrganges gewonnen Erkenntnissen, basiert diese Arbeit im Wesentlichen auf den beruflichen Erfahrungen des Autors in den Bereichen GIS- und Bildverarbeitung/Bildanalyse. Dabei konnte immer wieder festgestellt werden, dass beide Disziplinen viele Gemeinsamkeiten aber auch viele Unterschiede aufweisen. Dies bezieht sich nicht nur auf die Technologie, sondern auch auf die Denkweise. Mit dieser Arbeit soll ein Beitrag dahin gehend geleistet werden, bestehende Hürden zwischen den Disziplinen abzubauen, die Zusammenarbeit zu verbessern und bestehende proprietäre Lösungen flexibler und offener zu gestalten. Ein solches Ziel kann nur durch den Einsatz von Standardisierungen erreicht werden. Im Bereich der Geoinformationssysteme (GIS) hat das Open Geospatial Consortium (OGC) einen erheblichen Beitrag zur Entwicklung offener Standards und interoperabler Lösungen geleistet. Die Arbeit setzt hier an und prüft, inwieweit die bereits bestehenden Standards einen Mehrwert für kombinierte GIS- und Bildverarbeitungs-/BildanalySELösungen bieten können.

**Danksagung**

Ein besonderer Dank gilt allen, die mich bei der Erstellung dieser Arbeit unterstützt haben. Dies gilt insbesondere Herrn Prof. Dr. Josef Strobl für seine Eingaben, Ratschläge und Hinweise zur Erstellung der Arbeit sowie dem UNIGIS Team für das Engagement während des gesamten Lehrganges. Danken möchte ich auch Herrn Dr. Hans F. Harmening für die fachlichen Anregungen und die Möglichkeit vieler interessanter technischer Diskussionen. Nicht zuletzt gilt mein Dank meiner Lebensgefährtin Nicole, die mich während des gesamten Studiums unterstützt und mir viele meiner sonstigen Verpflichtungen abgenommen hat.

**Erklärung**

Ich versichere, diese Master Thesis ohne fremde Hilfe und ohne Verwendung anderer als der angeführten Quellen angefertigt zu haben, und dass die Arbeit in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegen hat. Alle Ausführungen der Arbeit die wörtlich oder sinngemäß übernommen wurden sind entsprechend gekennzeichnet.

Melle, 27.07.2009

---

(Klaus Scholle)

## **Kurzfassung**

In vielen Bereichen, die mit Geoinformationen zu tun haben, werden Softwareprodukte unterschiedlicher Disziplinen eingesetzt. Dies trifft auch auf den Bereich des Sicherheitsmanagements zu. Die dort im Einsatz befindlichen GIS und Image Analysis Systeme verfügen über Funktionalitäten, die derzeit in der jeweils anderen Technologie nicht oder nicht vollständig vorhanden sind. Das hat dazu geführt, dass GIS und Image Analysis Systeme oftmals getrennt voneinander eingesetzt und/oder auf der Basis meist proprietärer Schnittstellen gekoppelt werden. In diesen Fällen greifen Image Analysis Systeme nicht direkt auf die zentralen Geodaten oder Geodateninfrastrukturen zu, sondern nutzen ein GIS als Schnittstelle zur Überwindung von Heterogenität und Dezentralität. Die Arbeit analysiert bestehende proprietäre Koppelungen von GIS und Image Analysis Systemen. Daran anschließend werden alternative Lösungswege durch die Nutzung von Interoperabilität auf der Basis von OGC-Standards untersucht. Auf der Grundlage eines solchen Ansatzes ist ein weitestgehend unabhängiger Einsatz von GIS und Image Analysis Systemen möglich.

Im Rahmen dieser Arbeit werden verschiedene Verfahren und Methoden zur Herstellung von Interoperabilität diskutiert. OGC-Standards, speziell die OGC Web Services, werden auf ihre Eignung für die Bildanalyse überprüft. OGC Web Services bieten eine geeignete Möglichkeit, Dezentralität und Heterogenität zu überwinden und können darüber hinaus auch dazu eingesetzt werden, GIS- und Analysefunktionen bereitzustellen.

Die vielschichtigen Anforderungen der Bildanalyse lassen sich nicht allein durch die Nutzung eines einzigen OGC Web Service erfüllen. Aufgrund dieser Tatsache beschreibt die Arbeit den konzeptionellen Aufbau aggregierter Services. Ziel ist die anwendungsspezifische Aggregation von OGC Web Services zu höherwertigen Diensten. Die Orchestrierung von Web Services bietet weiterführende effiziente Möglichkeiten, die Workflows der Bildverarbeitung und Bildanalyse prozessorientiert abzubilden und in serviceorientierte Architekturen (SOA) einzubinden. Abschließend wird das im Rahmen der Arbeit erstellte Konzept anhand von verschiedenen Szenarien evaluiert, analysiert und verifiziert.

---

## **Abstract**

In many domains that work with geographic information software products from different disciplines are used. This also applies to the domain of security management. GIS and image analysis systems that are used in this domain have features that do not exist in the other technology today. As a result, GIS and image analysis systems are often used separately from each other and/or are linked on the base of mostly proprietary interfaces of the system vendors. In these cases image analysis systems are not connected to the central data or spatial data infrastructures directly. Image analysis systems use GIS as an interface to overcome heterogeneity and decentralisation. This thesis analyses existing proprietary linked GIS and image analysis solutions. Furthermore, alternative solutions that use interoperability based on OGC standards are studied. On the base of this method, it is possible to use GIS and image analysis systems mostly independently.

This work discusses various possibilities and techniques for producing interoperability. OGC standards, especially the individual OGC Web Services, are analysed concerning their suitability for the image analysis. OGC Web Services offer suitable possibilities to overcome decentralization and heterogeneity and can be used to provide GIS and analysis functionality.

The complex requirements of image analysis demand to use more than one single OGC Web Service. Due to this fact, the thesis describes the conceptual building of aggregated services. The aim is to create higher-level use-oriented services by aggregation of OGC Web Services. The orchestration of web services offers efficient ways to build the workflows of image analysis more process-oriented and to involve these processes in service-oriented architectures (SOA). Finally, the concept will be evaluated, analysed and verified based on various scenarios.

**Inhaltsverzeichnis**

Vorwort .....	I
Danksagung.....	II
Erklärung.....	III
Kurzfassung.....	IV
Abstract .....	V
Inhaltsverzeichnis.....	VI
Abbildungsverzeichnis .....	XI
Tabellenverzeichnis.....	XIII
<b>1 Einführung .....</b>	<b>1</b>
1.1 Motivation .....	3
1.2 Hypothesen .....	4
1.3 Lösungsansätze.....	4
1.4 Methoden und Werkzeuge.....	5
1.5 Zielsetzungen.....	6
1.6 Abgrenzung des Themas .....	7
1.7 Zielpublikum .....	7
1.8 Aufbau der Arbeit.....	7
1.9 Allgemeine Hinweise .....	8
<b>2 Ausgangssituation .....</b>	<b>9</b>
2.1 Aufgaben eines Image Analysten.....	9
2.2 Herausforderungen für die Bildanalyse.....	10
2.2.1 Zunehmende Verfügbarkeit von Geoinformationen .....	11
2.2.2 Dezentrale heterogene Strukturen .....	11
2.2.3 Interoperable Nutzung von Geoinformationen .....	12
2.2.4 Nutzung von Geodateninfrastrukturen.....	12
2.2.5 Datenformate bei der Bildanalyse und deren Bedeutung.....	13
2.2.6 National Imagery Transmission Format (NITF) .....	13

---

2.3	Anforderungen bei der Bildanalyse.....	14
2.4	GIS und Image Analysis Systeme .....	15
2.4.1	Geoinformationssysteme.....	16
2.4.2	Image Analysis Systeme .....	16
2.4.3	Vergleich von GIS und Image Analysis Systemen .....	17
2.5	Kombinierte GIS und Image Analysis Systeme.....	17
2.6	Stand der Technik und aktuelle Entwicklungen.....	21
2.7	Literaturbeiträge .....	23
3	Lösungsansätze .....	26
3.1	Geodatenintegration .....	27
3.1.1	Verfahren für den Datentransfer .....	28
3.1.2	Klassifikation der Verfahren für den Datentransfer.....	28
3.1.3	Modellbasierter Datentransfer.....	29
3.1.4	Möglichkeiten und Grenzen der Geodatenintegration .....	29
3.2	Geo Web Services .....	30
3.2.1	Klassifizierung von Geo Web Services .....	31
3.2.2	Möglichkeiten von Geo Web Services.....	32
3.3	OGC Web Services .....	33
3.4	Gegenüberstellung der Lösungsansätze .....	33
3.5	Komposition von Web Services und OGC Web Services .....	34
3.6	Serviceorientierte Architekturen in der Informatik.....	36
3.7	Zusammenfassung .....	37
4	Grundlagen der Interoperabilität durch Standardisierung.....	38
4.1	Interoperabilität .....	38
4.2	Modellierung von Raumphänomenen .....	39
4.2.1	Klassifizierung von Rasterdaten .....	39
4.2.2	Klassifizierung von Vektordaten.....	40
4.2.3	Kombinierte Raster- und Vektordatenformate.....	40



---

4.3	Datenhaltung .....	40
4.4	Geodateninfrastrukturen .....	41
4.5	Standardisierung .....	41
4.5.1	ISO .....	42
4.5.2	W3C .....	42
4.5.3	Open Geospatial Consortium. Inc. (OGC).....	42
4.6	OGC-Standards und Spezifikationen .....	43
4.6.1	GML - Geography Markup Language .....	44
4.6.2	KML - Keyhole Markup Language.....	45
4.6.3	GML in JPEG 2000.....	45
4.6.4	OWS - OGC Web Services .....	46
4.6.5	Basistechnologie .....	46
4.6.5.1	Hypertext Transfer Protocol .....	46
4.6.5.2	Extensible Markup Language (XML).....	47
4.6.6	WMS - Web Map Service .....	47
4.6.6.1	WMS - GetCapabilities.....	49
4.6.6.2	WMS - GetMap .....	49
4.6.6.3	WMS - GetFeatureInfo .....	50
4.6.7	SLD - Styled Layer Descriptor .....	50
4.6.8	WFS - Web Feature Service.....	53
4.6.8.1	WFS - allgemeine Request-Parameter .....	55
4.6.8.2	WFS - GetCapabilities .....	55
4.6.8.3	WFS - DescribeFeatureType .....	56
4.6.8.4	WFS - GetFeature und GetFeatureWithLock .....	56
4.6.8.5	WFS - GetGmlObject .....	57
4.6.8.6	WFS - LockFeature.....	57
4.6.8.7	WFS - Transaction .....	58
4.6.9	FES - Filter Encoding Standard .....	58

---

4.6.10	WCS - Web Coverage Service .....	60
4.6.10.1	WCS - GetCapabilities.....	62
4.6.10.2	WCS - DescribeCoverage .....	62
4.6.10.3	WCS - GetCoverage .....	63
4.6.11	WCPS - Web Coverage Processing Service .....	64
4.6.12	WPS - Web Processing Service .....	64
4.6.12.1	WPS - GetCapabilities .....	66
4.6.12.2	WPS - DescribeProcess .....	66
4.6.12.3	WPS - Execute .....	66
4.6.13	CSW - Catalogue Service.....	67
4.6.14	WS-Common - Web Service Common.....	67
4.7	Eigenschaften und Klassifikation der OGC Web Services .....	67
4.8	Weitere Standards für Web Services .....	68
5	Konzept für eine serviceorientierte interoperable GIS-/Image Analysis Lösung auf der Basis von aggregierten OGC Web Services .....	70
5.1	Integration der OGC Web Services .....	70
5.1.1	Einbindung einzelner OGC Web Services .....	70
5.1.2	Aggregieren von OGC Web Services .....	71
5.2	Anforderungen und Funktionalität .....	71
5.3	Konzeptionelles Modell .....	73
5.4	Komponenten und deren Zusammenhang .....	73
5.5	Aggregate Service .....	74
6	GIS-/Image Analysis Lösungen auf der Basis von OGC Web Services und Aggregate Services.....	83
6.1	Allgemeine Anwendungsbeispiele .....	83
6.2	Testumgebung .....	84
6.3	Evaluierung der OGC Web Services .....	86
6.3.1	Web Map Service (WMS).....	86

Inhaltsverzeichnis	X
6.3.1.1 Leistungsmerkmale WMS .....	87
6.3.1.2 Anwendungsmöglichkeiten WMS .....	88
6.3.2 Web Feature Service (WFS) .....	89
6.3.2.1 Leistungsmerkmale WFS .....	90
6.3.2.2 Einsatzmöglichkeiten WFS .....	90
6.3.3 Web Coverage Service (WCS) .....	91
6.3.3.1 Leistungsmerkmale WCS .....	92
6.3.3.2 Anwendungsmöglichkeiten WCS .....	92
6.3.4 Web Coverage Processing Service (WCPS) .....	93
6.3.5 Web Processing Service (WPS) .....	93
6.3.5.1 Leistungsmerkmale WPS .....	94
6.3.5.2 Anwendungsmöglichkeiten WPS .....	94
6.3.6 Gegenüberstellung der Ergebnisse .....	95
6.4 Aggregate Services .....	96
7 Schlussbetrachtungen und Ausblick .....	98
7.1 Zusammenfassung der Ergebnisse .....	98
7.2 Ausblick .....	99
Literaturverzeichnis .....	101
Anlage A .....	106
Anlage B .....	109
Anlage C .....	111
Anlage D .....	116

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1: Vorgehensweise und Methodik der Arbeit .....	5
Abbildung 1.2: Aufbau und Struktur der Arbeit .....	8
Abbildung 2.1: Workflows der Bildverarbeitung und Bildanalyse .....	12
Abbildung 2.2: Schematische Darstellung der Anforderung der Bildanalyse .....	15
Abbildung 2.3: Exemplarische Darstellung der Leistungsmerkmale eines GIS.....	16
Abbildung 2.4: Exemplarische Darstellung der Leistungsmerkmale eines Image Analysis Systems .....	16
Abbildung 2.5: promegis BRIDGE auf Basis einer ESRI-GDI.....	18
Abbildung 2.6: promegis BRIDGE als Brücke zwischen ArcGIS und Global ImageViewer.....	19
Abbildung 3.1: Geodatenintegration GIS / Image Analysis System .....	27
Abbildung 3.2: Begriffshierarchie für Geodienste, Quelle: Donaubaier (2004), verändert.....	31
Abbildung 3.3: Interoperable Nutzung dezentraler heterogener Systeme .....	32
Abbildung 3.4: Service Choreographie und Orchestrierung, Quelle: Finger (2009).....	35
Abbildung 3.5: Proxy-Architektur, Quelle:Open Geospatial Consortium, Inc. (2008e)	36
Abbildung 4.1: Services Interoperabilität Säule, Quelle: Open Geospatial Consortium, Inc. (2003a) .....	39
Abbildung 4.2: Schematischer Aufbau Web Map Service .....	48
Abbildung 4.3: WMS-Operationen Version 1.3.0 (UML-Komponentendiagramm) .....	49
Abbildung 4.4: SLD-Operationen Version 1.1.0 (UML-Komponentendiagramm) .....	52
Abbildung 4.5 Schematischer Aufbau Web Feature Service.....	54
Abbildung 4.6: WFS-Operationen Version 1.1.0 (UML-Komponentendiagramm).....	55
Abbildung 4.7: Schematischer Aufbau Web Coverage Service .....	61
Abbildung 4.8: WCS-Operationen Version 1.1.2 (UML Komponentendiagramm).....	62
Abbildung 4.9: WPS-Operationen Version 1.0.0 (UML-Komponentendiagramm).....	65
Abbildung 4.10: Einordnung Raster-relevanter OGC-Standards, Quelle (Baumann 2007) .....	68
Abbildung 5.1: Exemplarische Darstellung einer interoperablen GIS-/Image Analysis Lösung.....	74
Abbildung 5.2: Komponenten einer serviceorientierten interoperablen GIS-/Image Analysis Lösung.....	75
Abbildung 5.3: Aufgabenspezifischer Aggregate Service (UML-Sequenzdiagramm) ..	77

---

Abbildung 5.4: Auswahldialog Aggregate Service.....	78
Abbildung 5.5: Schnittstellen Aggregate Service .....	79
Abbildung 5.6: Systemintegration Aggregate Service (Wrapper für OWS).....	81
Abbildung 6.1: Interoperabilitätsaufgaben Image Analysis.....	83
Abbildung 6.2: Übersicht der Systemkomponenten und deren OWS-Unterstützung.....	85
Abbildung D. 1: UML Komponentendiagramm.....	116
Abbildung D. 2: UML-Sequenzdiagramm.....	116

**Tabellenverzeichnis**

Tabelle 2.1: OWS-Unterstützung in Image Analysis Systemen .....	17
Tabelle 3.1: Gegenüberstellung der Lösungsansätze (vgl. Donaubaue 2004).....	33
Tabelle 4.1: Reservierte Zeichen HTTP-GET-Request, Quelle: Open Geospatial Consortium, Inc. (2006b), verändert .....	47
Tabelle 4.2: Parameter GetCapabilities-Request, Quelle: Open Geospatial Consortium, Inc. (2006b), verändert .....	49
Tabelle 4.3: Parameter GetMap-Request, Quelle: Open Geospatial Consortium, Inc. (2006b), verändert .....	49
Tabelle 4.4: Parameter GetFeatureInfo-Request, Quelle: Open Geospatial Consortium, Inc. (2006b), verändert .....	50
Tabelle 4.5: Parameter DescribeLayer-Request, Quelle: Open Geospatial Consortium, Inc. (2007c), verändert .....	52
Tabelle 4.6: Parameter WFS-Request, Quelle: Open Geospatial Consortium, Inc. (2005b), verändert .....	55
Tabelle 4.7: Parameter GetCapabilities-Request, Quelle: Open Geospatial Consortium, Inc. (2005b), verändert .....	55
Tabelle 4.8: Parameter DescribeFeatureType-Request, Quelle: Open Geospatial Consortium, Inc. (2005b), verändert .....	56
Tabelle 4.9: Parameter GetFeature- & GetFeatureWithLock-Request, Quelle: Open Geospatial Consortium, Inc. (2005b), verändert .....	56
Tabelle 4.10: Parameter GetGmlObject-Request, Quelle: Open Geospatial Consortium, Inc. (2005b), verändert .....	57
Tabelle 4.11: Parameter LockFeature-Request, Quelle: Open Geospatial Consortium, Inc. (2005b), verändert .....	57
Tabelle 4.12: Parameter Transaction-Request, Quelle: Open Geospatial Consortium, Inc. (2005b), verändert .....	58
Tabelle 4.13: Parameter GetCapabilities-Request, Quelle: Open Geospatial Consortium, Inc. (2007a), verändert .....	62
Tabelle 4.14: Parameter DescribeCoverage-Request, Quelle: Open Geospatial Consortium, Inc. (2008d), verändert .....	63
Tabelle 4.15: Parameter GetCoverage-Request, Quelle: Open Geospatial Consortium, Inc. (2008d), verändert .....	63
Tabelle 4.16: Eigenschaften und Klassifikation von OWS.....	68

---

Tabelle 5.1: Anforderungen an eine interoperable Lösung.....	71
Tabelle 5.2: Darstellung der Prozesse bei der Bildanalyse .....	78
Tabelle 6.1: Testprojekt ArcGIS Server/ArcGIS Image Server.....	85
Tabelle 6.2: Ergebnisse der WMS-Operationen .....	87
Tabelle 6.3: WMS Interoperabilität (Server und Client) .....	87
Tabelle 6.4: Ergebnisse der WFS-Operationen.....	90
Tabelle 6.5: WFS Interoperabilität (Server und Client).....	90
Tabelle 6.6: Ergebnisse der WCS-Operationen .....	91
Tabelle 6.7: WCS Interoperabilität (Server und Client) .....	92
Tabelle 6.8: WPS Interoperabilität (Server und Client).....	94
Tabelle 6.9: Einsatzmöglichkeiten von OWS für Image Analysis Aufgaben.....	96
Tabelle B.1: OpenGIS Standards und Spezifikationen .....	109
Tabelle B.2: Produktübersicht OWS.....	110
Tabelle C. 1: WMS-Requests und Ergebnisse / Version 1.3.0 .....	111
Tabelle C. 2: WFS-Requests und Ergebnisse / Version 1.1.0.....	113
Tabelle C. 3: WCS-Requests und Ergebnisse / Version 1.1.1 .....	113

## 1 Einführung

Die Nutzung von Bildinformationen hat sich in den vergangenen Jahren stetig weiterentwickelt. Rasterdaten werden immer mehr integraler Bestandteile von Geodiensten (Baumann 2007). Nicht nur die technische Erweiterung der Softwareprodukte, sondern auch die zunehmende Verfügbarkeit von Daten bieten neue und erweiterte Möglichkeiten (vgl. Richards & Jia 2005). Der Zugriff auf aktuelle Luft- und Satellitenbilder ist dabei für viele Anwender zur Normalität geworden. Qualität und Quantität der zur Verfügung stehenden Daten haben sich stetig verbessert. Initiativen wie beispielsweise Google Earth<sup>1</sup> und Microsoft Bing Maps<sup>2</sup> unterstreichen diese Entwicklung und machen sie für jedermann plastisch deutlich.

Im Sicherheitsmanagement ist die Domäne der Bildanalyse (Image Analysis) eines der zentralen Instrumente zur Gewinnung und Aktualisierung von Informationen. Dadurch, dass in immer kürzeren Zeiträumen hochauflösende aktuelle Bilddaten zur Verfügung stehen (vgl. Ehlers 2007; Bähr & Vögtle 2005), können immer genauere und verlässlichere Informationen gewonnen werden. Das Monitoring von Objekten über bestimmte Zeitintervalle ist ebenfalls immer detaillierter möglich. Die Extraktion von Informationen aus dem zur Verfügung stehenden Bildmaterial übernehmen besonders ausgebildete Bildanalysten (Image Analysten), die für diese Aufgabe spezielle Bildanalyseprodukte (Image Analysis Systeme) einsetzen. Diese Softwareprodukte verfügen über besondere, in Geoinformationssystemen in der Regel nicht zur Verfügung stehende, Verarbeitungs- und Analysefunktionalitäten (vgl. Kap. 2.4.2). Aufgrund der Komplexität der Bildanalyse werden für diese Aufgabe vorrangig Desktop-Produkte eingesetzt.

Die so gewonnenen Daten werden in bestehende oder neu aufzubauende Geodateninfrastrukturen (GDI) gespeichert, um sie einem größeren Nutzerkreis zur Verfügung stellen zu können. Der Zugriff auf dezentrale heterogene Datenquellen gewinnt somit eine immer größere Bedeutung. Auch für die Bildanalyse bedeutet dies neue Herausforderungen. Einerseits gilt es den Zugriff auf zum Teil mehrere Terabytes große dezentrale Rasterdatenarchive sicherzustellen, andererseits müssen Geoinformationen heterogener Datenquellen und Systeme verarbeitet werden.

---

<sup>1</sup> <http://earth.google.de/>

<sup>2</sup> <http://www.microsoft.com/maps/> (ehemals Virtual Earth)



Heterogen bezieht sich dabei auf Vektor- und Rasterdaten in unterschiedlichen Datenformaten und Systemen.

Die Bildanalyse benötigt sowohl GIS- als auch Bildverarbeitungs- und Bildanalysefunktionalitäten (vgl. Kap. 2.3). In der Praxis bedeutet das, dass bei der Bildanalyse sowohl GIS als auch Bildanalyseprodukte eingesetzt werden. Trotz der als eher trivial einzustufenden GIS- und Analyseanforderungen müssen zur Bearbeitung einer Aufgabe oftmals immer zwei unterschiedliche Systeme eingesetzt werden. Das GIS dient dabei in vielen Fällen nur als Schnittstelle, um die Daten, die in einer Geodateninfrastruktur gespeichert sind, für die Bildanalyse verfügbar zu machen. Eine kombinierte Nutzung, sowie die Koppelung von GIS und Image Analysis Systemen, bereitet aufgrund der unterschiedlichen konzeptionellen Ansätze der Produkte häufig Probleme (vgl. Kap. 2.5). Kombinierte GIS-/Image Analysis Lösungen greifen vielfach nicht interoperabel auf gemeinsame Datenquellen und Systeme zu, sondern transferieren Daten auf der Basis proprietärer Datenformate von einem System in das andere oder nutzen wiederum proprietäre Funktionen der Systeme für den Datenaustausch.

Die Möglichkeit des interoperablen Zugriffs auf dezentrale heterogene Datenquellen und Systeme bei der Bildanalyse ist somit eines der zentralen Themen, die im Rahmen dieser Arbeit behandelt werden. Ziel ist es, dem Anwender eine Lösung zur Verfügung zu stellen, bei der der Nutzer weitestgehend selbst entscheiden kann, welche Technologie zur Beantwortung einer Fragestellung eingesetzt wird. Dabei werden bestehende Synergien genutzt, ohne die jeweils andere Technologie zwangsläufig implementieren zu müssen. Idealerweise bedeutet das, dass Bildanalysten auch ohne den Einsatz von GIS Zugriff auf GIS-Daten oder Geodateninfrastrukturen erhalten. Ohne Standardisierungen lässt sich ein solches Ziel im Allgemeinen nicht erreichen. Bei der Bildverarbeitung und Bildanalyse beziehen sich Standardisierungen vorrangig auf die auszutauschenden Datenformate. Das OGC beschreitet hier einen anderen Weg und arbeitet bereits seit Jahren daran, Standards für den einheitlichen Zugriff auf räumliche Informationen zu erarbeiten (vgl. Kap. 4.5.3). Inwieweit die im GIS Bereich bereits erfolgreich eingesetzten Standardisierungen auch für die Bildanalyse sinnvolle Ergänzungen darstellen können, soll im Rahmen dieser Arbeit untersucht werden. Dahinter verbirgt sich die Erwartung, durch interoperable Lösungen daran mitzuwirken, die teilweise in der Praxis bestehenden starren Trennungen der Aufgabenbereiche GIS- und Bildverarbeitung/Bildanalyse aufzulösen.

## 1.1 Motivation

Die oftmals auf *proprietären Ansätzen* basierenden Lösungen beim Datenzugriff, Datenaustausch und bei der Koppelung von GIS und Image Analysis Systemen, sowie fehlende interoperable Zugriffsmöglichkeiten auf dezentrale heterogene Datenquellen und Systeme, erschweren in vielen Fällen die Nutzung gemeinsamer Daten und die Interaktion von Systemen (vgl. Kap. 2.5).

Im militärischen Bereich der Bildanalyse hat es recht früh Bestrebungen gegeben, Austauschformate zu definieren, um den Transfer von Daten zwischen unterschiedlichen Systemen und somit Interoperabilität zu ermöglichen. Ein Beispiel dafür ist das *National Imagery Transfer Format* (NITF) (vgl. Kap. 2.2.6). Das NITF erfüllt die wesentlichen Anforderungen der militärischen Anwender beim Austausch von Raster-, Vektor- und Metadaten sowie weiterer anwendungsfallbezogener Informationen. Da Rasterdaten in der Größenordnung mehrerer Gigabyte in einem solchen NITF gespeichert werden können, ist die Übertragung entsprechender Dateien, speziell bei eingeschränkten Bandbreiten in einem Netzwerk, oftmals problematisch.

Der Datenaustausch zwischen Geoinformationssystemen und Bildverarbeitungs-/Bildanalyseprodukten verursacht in vielen Fällen ebenfalls Probleme. Die meisten GIS unterstützen den militärischen Standard NITF nicht vollständig. Damit sind Fehler und Datenverluste bei der Übernahme und Übergabe von Daten vorprogrammiert. Bildverarbeitungs- und Bildanalyseprodukte unterstützen hingegen oftmals nur die proprietären GIS-Datenformate einiger ausgewählter Hersteller (vgl. Kap. 2.4.2). Das bedeutet, dass sowohl auf der Seite des GIS als auch auf der Seite der Bildverarbeitung und Bildanalyse verschiedene herstellerabhängige Datenformate entwickelt und gewartet werden, um Daten auszutauschen.

Der Ansatz des OGC, Standards für den einheitlichen Zugriff auf unterschiedliche Datenquellen und Systeme zu entwickeln, ist konträr zu den hier beschriebenen Verfahren des Datenaustauschs. Im Bereich der Bildanalyse werden diese Standards bisher jedoch vielfach noch zurückhaltend eingesetzt, obwohl der Überwindung von Dezentralität und Heterogenität eine hohe Bedeutung beigemessen wird (vgl. Department of Defense 2006). Der Einsatz von Standards kann die Nutzung von Datenquellen und Systemen über die Grenzen der Fachrichtungen hinaus ermöglichen und so der Entwicklung proprietärer Lösungen und Quasi-Standards entgegenwirken.

## 1.2 Hypothesen

Die zentrale Hypothese ist, dass in Anlehnung an den GIS-Bereich, OGC-Standards die Anforderungen der Bildanalyse erfüllen können und dabei helfen, die bestehende Heterogenität und Dezentralität von Datenquellen und Systemen zu überwinden. Weiterführend wird die Hypothese aufgestellt, dass der Einsatz von OGC-Standards auch eine Möglichkeit darstellt, funktionale Erweiterungen für die Bildanalyse zur Verfügung zu stellen. Die Hypothesen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

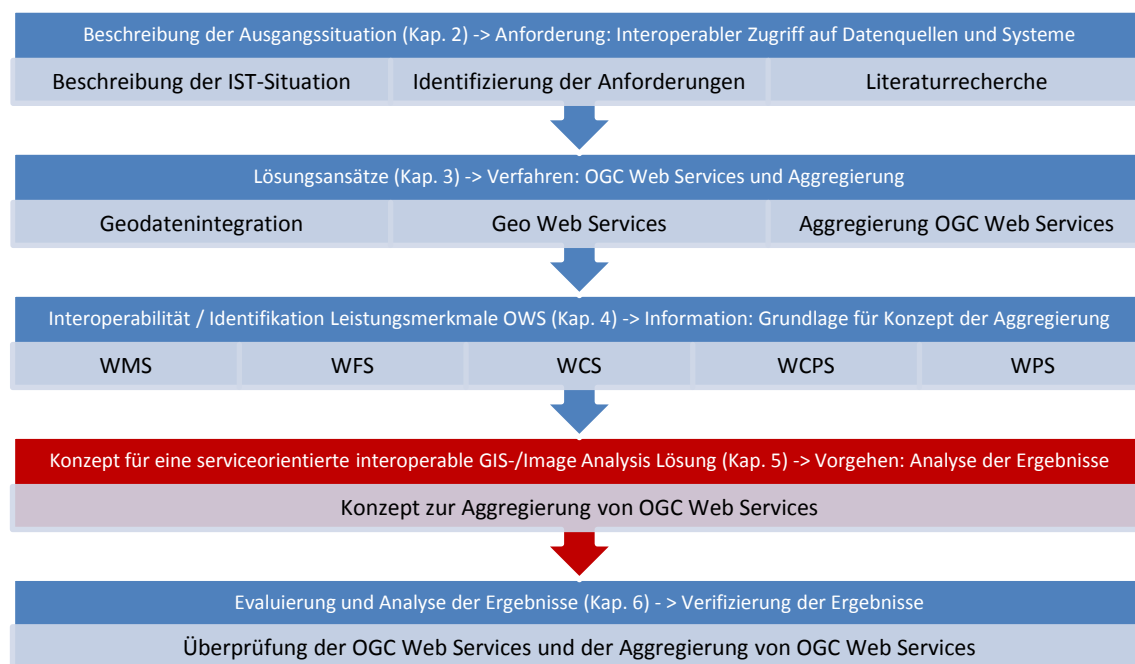
- OGC-Standards eignen sich für den interoperablen Zugriff auf dezentrale heterogene Datenquellen und Systeme durch GIS und Image Analysis Systeme.
- Die speziellen Anforderungen der Bildanalyse lassen sich durch den Einsatz von OGC-Standards unterstützen.
- OGC Web Services (OWS) sind eine geeignete Lösung für interoperable GIS-/Image Analysis Lösungen.
- Die Komplexität der einzelnen Prozesse der Bildanalyse erfordert die Aggregation von OWS, um bestehende Einschränkungen aufzulösen.
- OWS können bestehende Probleme bei der Visualisierung lösen und stellen identische Lagebilder im GIS und Image Analysis System bereit.
- Die Nutzung von OGC-Standards reduziert den Entwicklungsaufwand von kombinierten GIS-/Image Analysis Lösungen.

## 1.3 Lösungsansätze

Primäres Ziel ist es, wie bereits in der Einleitung erläutert, die interoperable Nutzung dezentraler heterogener Datenbestände und Systeme für GIS und Image Analysis Systeme zu verbessern. Im Rahmen dieser Arbeit werden dazu mögliche Lösungsansätze untersucht. Wie bereits von Donaubaue (2004) beschrieben, können für die Herstellung von Interoperabilität Verfahren auf der Basis von *Geodiensten* oder *Geo Web Services* und der *Geodatenintegration* eingesetzt werden. Die Verfahren werden gegenübergestellt und im Kontext der Aufgabenstellung diskutiert. Als erweiternder Ansatz werden Verfahren der Aggregation bzw. Komposition von OGC Web Services diskutiert. Diese Lösungsansätze werden in Kapitel 3 detailliert beschrieben.

## 1.4 Methoden und Werkzeuge

Die Abbildung 1.1 beschreibt das methodische Vorgehen bei der Arbeit.



Vorgehensweise (blau); Ziel (rot)

**Abbildung 1.1: Vorgehensweise und Methodik der Arbeit**

Auf der Grundlage der beschriebenen Ausgangssituation erfolgt eine eingehende Literaturrecherche, bevor die für eine Lösung der beschriebenen Ausgangssituation einzusetzenden Methoden und Verfahren diskutiert werden. Die Analyse der OGC Web Services dient der Identifikation der spezifischen Eigenschaften der Services. Auf der Grundlage dieser Ergebnisse erfolgt die Erstellung eines Konzepts für eine serviceorientierte interoperable GIS-/Image Analysis Lösung auf der Basis von aggregierten OGC Web Services. Im weiteren Verlauf der Arbeit sollen die Punkte des Konzeptes analysiert, evaluiert und verifiziert werden.

Die vorliegende Arbeit nutzt die folgenden Grundlagen:

- *Standards:* World Wide Web Consortium (W3C), International Organization for Standardization (ISO) 19100-Reihe, OGC Standards Web Map Service (WMS), Web Feature Service (WFS), Web Coverage Service (WCS), Web Coverage Processing Service (WCPS), Web Processing Service (WPS), National Imagery Transfer Format, Joint Photographic Experts Group (JPEG), JPEG2000,

- *weiterführende Dokumente:* OGC Abstract Specifications, OGC Reference Model, OGC Best Practice Documents, OGC Discussion Papers, Militärische Standards (MIL-STD),
- *GIS:* ArcGIS, GeoMedia, QGIS, ArcGIS Server, ArcGIS Image Server, MapServer, Geoserver,
- *Image Analysis Systeme:* Global Image Viewer, RemoteView, Envi.

## 1.5 Zielsetzungen

Ziel dieser Arbeit ist es, einen konzeptionellen Ansatz für eine interoperable GIS-/Image Analysis Lösung auf der Basis aggregierter OGC Web Services für den Zugriff auf dezentrale heterogene Datenquellen und Systeme zu entwickeln. Dabei sollen GIS und Image Analysis Systeme sowohl gemeinsam als auch getrennt voneinander eingesetzt werden können. Dieser Ansatz soll eine Alternative zu bestehenden proprietär gekoppelten GIS-/Image Analysis Lösungen (vgl. Kap. 2.5) darstellen. Darüber hinaus ist es Ziel der Arbeit, zur Verbesserung der interdisziplinären Zusammenarbeit beizutragen. Die im Rahmen dieser Arbeit gewonnenen Erkenntnisse sollen Anwendern aus dem Bereich der Bildanalyse einen besseren Überblick über den Stand der Technik und die Möglichkeiten der OGC-Standards geben. Darüber hinaus soll die Nutzung von OGC-Standards für Image Analysis Produkte vorangetrieben werden. Die konzeptionellen Ergebnisse können als Grundlage für eine spätere Realisierung im Rahmen einer softwaretechnischen Implementierung herangezogen werden. Die nachfolgenden Fragen sollen die Zielsetzung der Arbeit illustrieren und deutlich machen, welche neuen Erkenntnisse aus dieser Arbeit gewonnen werden können:

- Welche OGC-Standards eignen sich aus der Sicht der Bildanalyse für die Überwindung von Heterogenität und Dezentralität?
- Welche Vorteile bietet eine serviceorientierte Lösung gegenüber der bestehenden Praxis der Datenintegration auf der Basis von Datenaustauschformaten?
- Welche Leistungsmerkmale bieten die einzelnen OGC Web Services bezüglich der spezifischen Aufgaben der Bildanalyse?
- Wie sieht ein Konzept für eine serviceorientierte interoperable GIS-/Image Analysis Lösung auf der Basis von aggregierten OGC Web Services aus?

- Wie kann durch den Einsatz von OGC-Standards eine funktionale Erweiterung von Image Analysis Systemen erreicht werden?

## 1.6 Abgrenzung des Themas

Die Arbeit bezieht sich vorrangig auf die Anforderungen der Bildanalyse, obwohl viele Aspekte der Interoperabilität davon unabhängig sind und auch auf den GIS-Bereich zutreffen. Die nachfolgenden Punkte können im Rahmen der Arbeit leider nicht behandelt werden, da dies den Umfang der Arbeit überschreiten würde:

- Es erfolgt keine detaillierte Beschreibung über die Konzeption und den Aufbau der zugrunde liegenden Geodateninfrastruktur.
- Es erfolgt keine technische Umsetzung der im Rahmen der Arbeit theoretisch beschriebenen Lösungsansätze.
- Im Rahmen der Arbeit werden keine fehlenden und/oder möglicherweise neu zu erstellenden Schnittstellen programmiert.
- Sicherheitsaspekte, wie z. B. die Absicherung von OGC Web Services, werden im Rahmen dieser Arbeit nicht behandelt.

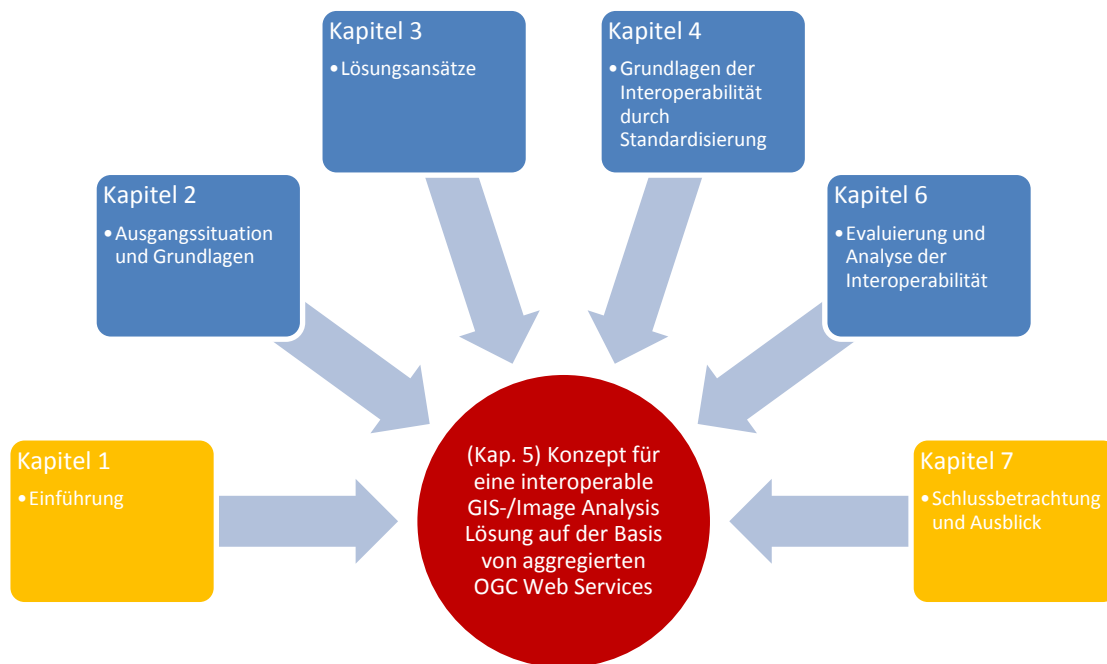
## 1.7 Zielpublikum

Das Zielpublikum dieser Arbeit sind Anwender und Verantwortliche aus dem Bereich Sicherheitsmanagement und Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS), die sowohl GIS- als auch Image Analysis Aufgabenstellungen lösen müssen und somit einen erhöhten Bedarf an der Nutzung von GIS und Image Analysis Systemen haben.

## 1.8 Aufbau der Arbeit

Die Abbildung 1.2 stellt den Aufbau der Arbeit grafisch dar. Nach der Einführung in Kapitel 1 erfolgt in Kapitel 2 die Beschreibung der Ausgangssituation. Das Kapitel 2 gibt einen generellen Überblick über die IST-Situation, die Aktivitäten und die Entwicklungen im Bereich GIS und Image Analysis. Darüber hinaus erfolgt in Kapitel 2 der Literaturüberblick. In Kapitel 3 und Kapitel 4 werden die theoretischen Grundlagen betrachtet. Das Kapitel 3 diskutiert Lösungsansätze auf der Basis der Verfahren der Geodatenintegration und der OGC Web Services. Des Weiteren werden Möglichkeiten der Komposition bzw. Aggregation von Web Services diskutiert. Das Kapitel 4 beschreibt die notwendigen Grundlagen zur Interoperabilität durch Standardisierung

und beschäftigt sich detailliert mit den OGC-Standards. Als Ergebnis der vorhergehenden Betrachtungen beschreibt das Kapitel 5 ein Konzept für eine interoperable GIS-/Image Analysis Lösung auf der Basis von aggregierten OGC Web Services. In Kapitel 6 werden die Ergebnisse evaluiert und analysiert, bevor in Kapitel 7 die Schlussbetrachtung und die Zusammenfassung der Ergebnisse erfolgt.



Ziel (rot); Methoden und Werkzeuge (blau); Einführung und Schlussbetrachtung (orange);

**Abbildung 1.2: Aufbau und Struktur der Arbeit**

## 1.9 Allgemeine Hinweise

Standardisierungen unterliegen einem ständigen Wandel. Das betrifft auch die Spezifikationen des OGC. Somit handelt es sich bei der hier vorliegenden Arbeit nur um eine Momentaufnahme. Ein Anspruch auf Vollständigkeit wird nicht erhoben.

Allgemein gebräuchliche englischsprachige Fachausdrücke wurden nicht ins Deutsche übersetzt, um die Verständlichkeit zu erhöhen. Bei Begriffen und Fachausdrücken, die sowohl im Deutschen als auch im Englischen Verwendung finden, werden sowohl die deutschen als auch die englischen Begriffe verwendet.

Die Erläuterung der grundlegenden Begriffe, die zum besseren Verständnis dieser Arbeit notwendig sind, erfolgt im Glossar und Abkürzungsverzeichnis am Ende dieser Arbeit.

## 2 Ausgangssituation

Dieses Kapitel beschreibt die Ausgangssituation und die zum Verständnis dieser Arbeit notwendigen Grundlagen. Dabei steht im Vordergrund, Voraussetzungen und bereits bestehende Sachverhalte zu beschreiben. In Kapitel 3 werden dann die weiterführenden Lösungsansätze diskutiert.

Im Bereich der Bildanalyse sind GIS und Image Analysis Systeme ein fester Bestandteil des gesamten Workflow der Informationsverarbeitung. Nutzer haben die Möglichkeit, auf umfangreiche Vektor- und Rasterdaten zuzugreifen. GIS-Anwender nutzen zunehmend Raster- und Anwender im Bereich der Bildanalyse vermehrt Vektordaten. Eine streng isolierte Betrachtung von GIS- und Image Analysis ist daher kaum noch möglich und als eher kontraproduktiv anzusehen, denn beide Technologien stellen komplementäre Funktionalitäten (vgl. Kap. 2.4.1 und Kap. 2.4.2) zur Verfügung.

Bei der Entwicklung von Softwareprodukten ist teilweise zu beobachten, dass GIS-Hersteller zunehmend Bildverarbeitungsfunktionalitäten und Hersteller aus dem Bereich der Bildverarbeitung/Bildanalyse vermehrt GIS-Funktionalitäten in ihre Produkte integrieren. Die Zukunft wird zeigen, ob es zu einem Verdrängungswettbewerb kommt oder ob sich die einzelnen Disziplinen auf ihre Kernkompetenzen konzentrieren. Interoperable Lösungen können die Flexibilität erhöhen und es ermöglichen, dass das jeweils für die Aufgabenstellung am besten geeignete System eingesetzt werden kann.

### 2.1 Aufgaben eines Image Analysten

*Image Analysten* arbeiten vorwiegend im Bereich des Militärs, der Polizei, der Terrorismusbekämpfung oder des Katastrophenschutzes. Die Aufgabe eines Image Analysten ist es, Informationen aus Datenquellen zu extrahieren. Konträr zur klassischen Fernerkundung ist es dabei nicht die Aufgabe des Image Analysten, z. B. Landklassifikationen durchzuführen oder den Zustand der Vegetation zu analysieren. Ein Image Analyst erfasst objektbezogene Zustände und Veränderungen. Das Monitoring von Objekten gehört dabei ebenfalls zu den Aufgaben eines Image Analysten.

Für die Bildanalyse nutzt der Image Analyst verschiedenste Informationsquellen, die nicht allein auf Geoinformationen beschränkt sind. Diese ganzheitliche Betrachtungsweise unterscheidet den Image Analysten vom klassischen Bildauswerter.



Aufgrund der Aufgabenstellung wird schnell deutlich, dass der Zugriff auf dezentrale heterogene Datenquellen für einen Image Analysten von besonderer Bedeutung ist. Das Ergebnis einer Bildanalyse sind Annotationen mit Metadaten, die Objekte der realen Welt repräsentieren und beschreiben. Die so gewonnenen Informationen werden in bestehende oder neu zu schaffende Geodateninfrastrukturen gespeichert. Darüber hinaus erstellt der Image Analyst Berichte seiner Tätigkeit. Ein solcher Bericht kann wiederum aus einer Vielzahl von Einzelinformationen (Rasterdaten, Vektordaten, Texten, Metadaten, Fotos, Textdokumenten, Videos, etc.) bestehen. Eine mögliche Form der Speicherung eines solchen Berichts ist das NITF. Als Werkzeug für die hier beschriebenen Aufgaben werden spezielle Image Analysis Systeme eingesetzt.

Die Arbeitsweise eines Image Analysten weist somit einige signifikante Unterschiede zu der eines GIS-Experten auf. Während im GIS-Umfeld in der Regel immer die korrekte geografische Lage von primärer Bedeutung ist, so ist diese Information für den Image Analysten oftmals nur sekundär. Ist ein Objekt bereits geografisch durch eine Koordinate festgelegt, ist die korrekte geografische Lage des Bildmaterials bei den weiteren Analysen von eher untergeordneter Bedeutung. Die Frage, wie viele Schiffe in einem bereits geografisch bekannten Hafen liegen, kann unabhängig von der korrekten Georeferenzierung eines Bildes beantwortet werden. Für die Bildanalyse werden oftmals andere Datenformate (vgl. Kap. 2.2.5) und Auswertefunktionalitäten (vgl. Kap. 2.4.2) genutzt als im GIS-Bereich. Die möglichst reibungslose Interaktion mit unterschiedlichen Datenquellen und Systemen bedeutet für den Image Analysten einen entscheidenden Mehrwert und erhöht die Qualität der Ergebnisse seiner Arbeit.

## **2.2 Herausforderungen für die Bildanalyse**

Wie auch andere Disziplinen, so ist auch der Bereich der Bildanalyse einem stetigen Wandel unterlegen. Die Entwicklungen, nicht nur die Geodaten betreffend, sind hier gekennzeichnet von:

- Die Verfügbarkeit und die Aktualität von Informationen, sowie die daraus resultierende Menge der zu verarbeitenden und zu verwaltenden Daten, nimmt ständig zu.
- Die Bandbreite der zur Verfügung stehenden Netzwerke hat sich im Verhältnis zur anwachsenden Datenmenge nur unwesentlich verbessert.

- Aufgrund der Vielzahl der beteiligten Stellen liegen Informationen häufig verteilt und in verschiedenen Formaten vor.
- Der Bedarf der interoperablen Nutzung von Informationen, nicht nur von Geoinformationen, ist hoch.
- Es besteht ein Bedarf, Informationen bestehender dezentraler Geodateninfrastrukturen zu nutzen.
- Es besteht ein Bedarf, im Rahmen der Bildanalysen auch auf einfache vordefinierte GIS- und Analysefunktionalitäten zurückgreifen zu können.
- Es besteht ein Bedarf, Geoinformationen in standardisierter Form für den Offlinebetrieb austauschen zu können.

### **2.2.1 Zunehmende Verfügbarkeit von Geoinformationen**

In den Bereichen der Geoinformatik und Bildverarbeitung ist zu erkennen, dass es eine zunehmende Verfügbarkeit von Geoinformationen gibt. Nicht zuletzt Initiativen wie Google Earth oder Bing Maps machen deutlich, welch großes Potenzial Geoinformationen in Verbindung mit innovativen Techniken bieten. Dabei haben gerade die beiden genannten Initiativen durch die Integration von Luft- und Satellitenbildern dazu beigetragen, die Bedeutung der Rasterdaten als Teil der Geoinformationen hervorzuheben. Insbesondere die Kombination von Luft- und Satellitenbildern, gekoppelt mit der dritten Dimension Höhe oder der vierten Dimension Zeit, bieten vielfältige neue Möglichkeiten.

### **2.2.2 Dezentrale heterogene Strukturen**

Die zunehmende Verfügbarkeit von Geoinformationen bringt allerdings auch eine Reihe neuer Anforderungen mit sich. Der Anwender möchte auf möglichst viele heterogene Datenquellen und Systeme zugreifen, die darüber hinaus oftmals noch dezentral verteilt sein können. Um diese Anforderungen erfüllen zu können, müssen neue Konzepte entwickelt und umgesetzt werden. Standardisierungen sind dabei ein zentrales Element ohne die solche Anforderungen nicht lösbar sind (vgl. Kap. 4). Darüber hinaus sind die zur Verfügung stehenden Bandbreiten in Netzwerken weiterhin beschränkt. Ein schonender Umgang mit dieser Ressource ist daher unabdingbar.

### 2.2.3 Interoperable Nutzung von Geoinformationen

Das Wissen eines jeden Einzelnen über Sachverhalte und Vorgänge bedeutet in der Regel bei der Erfüllung einer spezifischen Aufgabe einen Vorteil. Daraus resultiert die Anforderung, möglichst viele Informationsquellen zu nutzen. Dies beschränkt sich nicht nur auf den Bereich der Geoinformationen, sondern auch weiterführender Informationsquellen. Interoperabilität (vgl. Kap. 4.1) hat somit gerade im Bereich der Informationstechnologie eine hohe Bedeutung und lässt sich auch auf den Bereich der Geoinformationen übertragen. Beispiele für die interoperable Nutzung verteilter unterschiedlicher Daten und Systeme gibt es in vielen Bereichen (vgl. Donaubaueer 2004). Der derzeit in vielen Sparten stattfindende Aufbau von Geodateninfrastrukturen ist ohne Interoperabilität nicht möglich (vgl. Bernard et al. 2005; Koordinierungsstelle GDI-DE 2007).

### 2.2.4 Nutzung von Geodateninfrastrukturen

Geodateninfrastrukturen werden derzeit in fast allen Bereichen, in denen auf Geoinformationen zurückgegriffen wird, aufgebaut. Auch im Bereich der Bildverarbeitung und Bildanalyse arbeiten Hersteller an entsprechenden themenspezifischen Lösungen (z. B. ERDAS Apollo<sup>3</sup>), deren Ansätze ebenfalls auf die Struktur einer GDI oder Spatial Data Infrastruktur (SDI) zurückgehen. Bezogen auf die Anforderungen der Bildverarbeitung und Bildanalyse kann eine GDI helfen, die Workflows der Bildanalyse mit den einzelnen Prozessen zu unterstützen. Die Abbildung 2.1 zeigt schematisch den bei der Bildverarbeitung und Bildanalyse zu unterstützenden Workflow mit den einzelnen Prozessen. Im Rahmen einer GDI sollten diese Prozesse nicht isoliert betrachten werden, sondern Bestandteile eines Gesamtkonzepts sein.

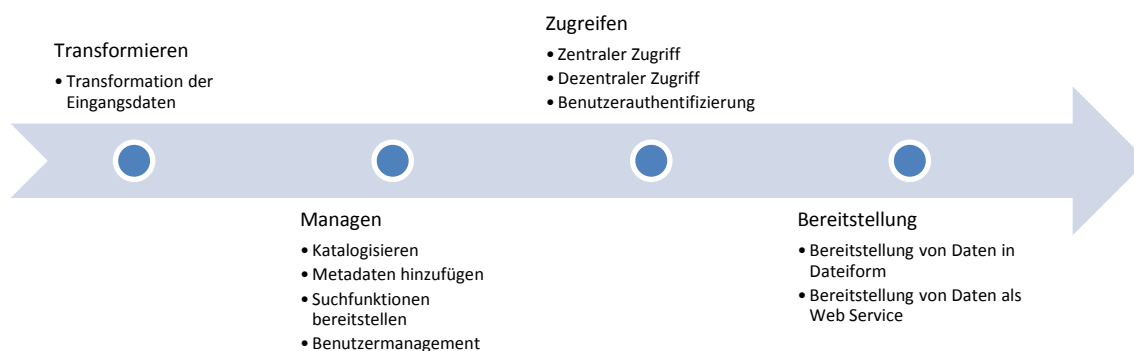


Abbildung 2.1: Workflows der Bildverarbeitung und Bildanalyse

<sup>3</sup> <http://www.erdas.com/>

### 2.2.5 Datenformate bei der Bildanalyse und deren Bedeutung

Es gibt eine Reihe von Möglichkeiten, Geoinformationen zwischen heterogenen Systemen auszutauschen. Eine weitverbreitete Möglichkeit ist die Nutzung proprietärer Datenformate der jeweiligen Systemhersteller. Ein Beispiel hierfür ist z. B. das Shape-Format der Firma ESRI. Mittels dieses Datenformates lassen sich Geometrien und deren Attributdaten in Form von Dateien austauschen. Texte und Symbolisierungen können jedoch auf der Basis des Shape-Formats nicht ausgetauscht werden. Auch der Austausch von Rasterdaten ist mittels dieses Datenformats nicht möglich. Für Rasterdaten stehen ebenfalls verschiedene Datenaustauschformate zur Verfügung. Auch hier reicht die Formatvielfalt von standardisierten bis hin zu proprietären Datenformaten.

Im GIS- und Bildverarbeitungsbereich gibt es nur wenige Möglichkeiten, Raster-, Vektor-, Metadaten und möglicherweise weitere Daten in einem Datenformat bzw. in Form einer Datei auszutauschen. Aufgrund der vielfach einfacheren Handhabung wird vor allem im militärischen Bereich bei der Bildanalyse eine dateibasierte Lösung, die Vektor-, Raster- und Metadaten sowie erweiterte Daten austauschen kann, bevorzugt. Ein Beispiel für ein solches Format ist das bereits erwähnte NITF des amerikanischen Departments of Defense (DoD), das sowohl für den Datenaustausch als auch für die Datenspeicherung verwendet wird.

Bereits sehr früh hat man hier die Notwendigkeit eines interoperablen Datenaustauschs zwischen unterschiedlichen Systemen erkannt und diesen militärischen Standard definiert (Department of Defense 2006). Die Nutzung von NITF ist auch im Offlinemodus möglich. Neben dem NITF werden weitere Rasterdatenformate eingesetzt. Standardisierte Datenformate, wie z. B. die Geography Markup Language (GML) werden derzeit durch die bei der Bildanalyse eingesetzten Systeme (vgl. Kap. 2.4.2) in der Regel nicht unterstützt. Eine Ausnahme bildet KML, das von einigen Systemen als Exportformat für die Visualisierung von Informationen in Earth Browsern, wie z. B. Google Earth, unterstützt wird.

### 2.2.6 National Imagery Transmission Format (NITF)

Beim *National Imagery Transmission Format* (NITF) handelt es sich um einen militärischen Standard bzw. um ein Datenaustauschformat, das ursprünglich vom Department of Defense definiert wurde. Damit wurde bereits sehr früh den Wünschen

der Anwender nach Interoperabilität Rechnung getragen und bereits im Jahre 1994 die erste Version des NITF-Standards (MIL-STD-2500A) veröffentlicht. Im Department of Defense Interface Standard National Imagery Transmission Format Version 2.1, der die aktuelle Version NITF 2.1 spezifiziert, heißt es dazu, dass das NITF als interoperables Format für die Übertragung und Speicherung von digitalen Bilddaten innerhalb und zwischen DOD und Intelligence Community (IC) Organisationen verwendet werden soll (Department of Defense 2006). Ziel des NITF ist die Weitergabe und Verteilung von Bild- und der daraus abgeleiteten Informationen.

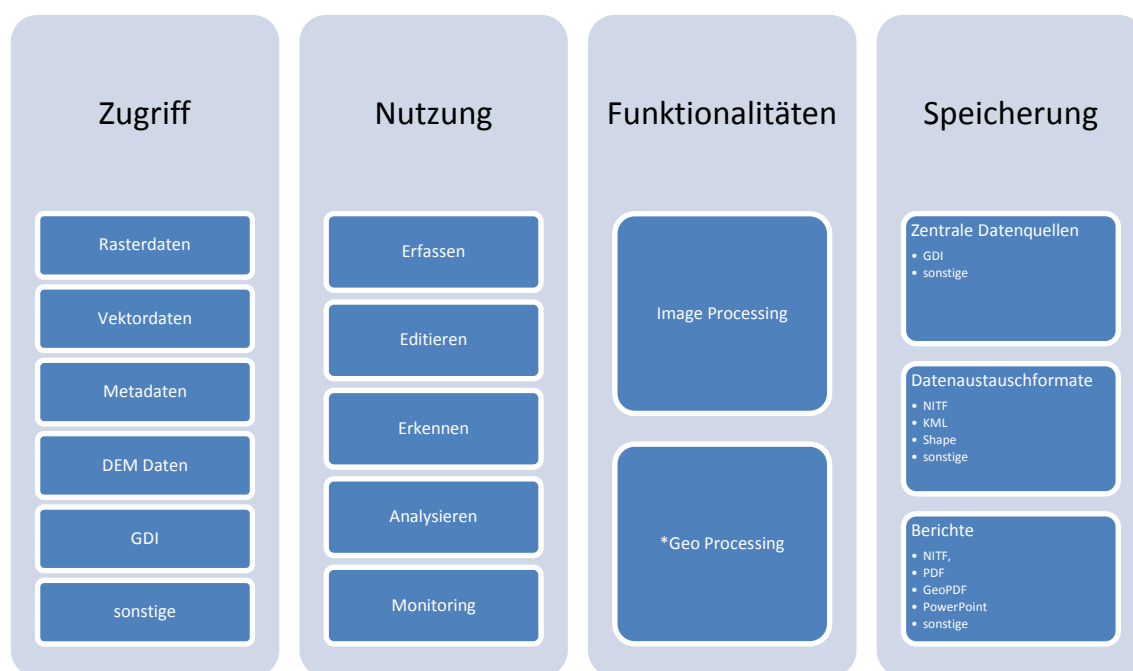
Der Vorteil von NITF besteht darin, dass ein NITF weitere Bilder, Symbole, Beschriftungen, Texte sowie andere Informationen enthalten kann. Darüber hinaus können alle Informationen in einer Datei gespeichert werden. Eine NITF-Datei kann beispielsweise mehrere Bilder, Berichte oder auch Dateien (Word, Excel, AVI) enthalten. Darüber hinaus enthalten NITF-Dateien oftmals mit Bildern gekoppelte Textinformationen, annotierte Bilder, Grafiken und Karten. Das NITF eignet sich daher nicht nur für den interoperablen Datenaustausch, sondern grundsätzlich kann das Format auch für die Archivierung für in bestimmten Abständen wiederkehrende Analysen genutzt werden.

Allerdings weisen Formate, wie das hier bereits genannte NITF, auch Restriktionen auf. Ein Problem ist beispielsweise die individuelle Erweiterbarkeit des Datenformates und die aus der GIS-Sicht nur sehr rudimentären Eigenschaften von GIS-Objekten. Erweiterte Konzepte für die Symbolisierung von Features, wie aus dem GIS-Bereich bekannt, sind nicht Gegenstand des Formats. Obwohl das NITF aufgrund seiner Eigenschaft, dass neben reinen Bildinformationen auch Metadaten gespeichert werden können, mittlerweile auch vielfach als Datenformat für die Lieferung von kommerziellen Satellitenbildinformationen verwendet wird, ist das NITF ein spezielles Datenformat, das längst nicht von allen Softwareprodukten unterstützt wird.

### **2.3 Anforderungen bei der Bildanalyse**

Trotz Gemeinsamkeiten unterscheiden sich die Aufgaben eines Image Analysten von denen eines klassischen Bildauswerters oder Fernerkundlers. Ein Image Analyst greift auf unterschiedlichste Informationsquellen zurück, um seine Aufgabe zu erfüllen. Dies können Dokumente, Berichte oder sonstige Informationen sein. Der Zugriff auf zentrale Geodaten oder eine Geodateninfrastruktur ist somit nur eine Informationsquelle, die für

die Bildanalyse genutzt wird. Dabei ist bei der Bildanalyse nicht immer die korrekte Orthorektifizierung des Bildmaterials von Bedeutung, denn es steht stets im Vordergrund, dass keine Bildinformationen verloren gehen. Viele Fragen lassen sich auch erst dann korrekt beantworten, wenn eine Schrägaufnahme statt eines projizierten Bildes verwendet wird. Die Ergebnisse der Bildanalyse werden in entsprechenden Geodateninfrastrukturen gespeichert. Bei Bedarf erstellt der Image Analyst einen Bericht zur durchgeführten Bildanalyse. Die Abbildung 2.2 zeigt in vereinfachter Form die Anforderungen bei der Bildanalyse:



\* nur eingeschränkt möglich; Leistungsmerkmale sind systemabhängig und variieren je nach System;

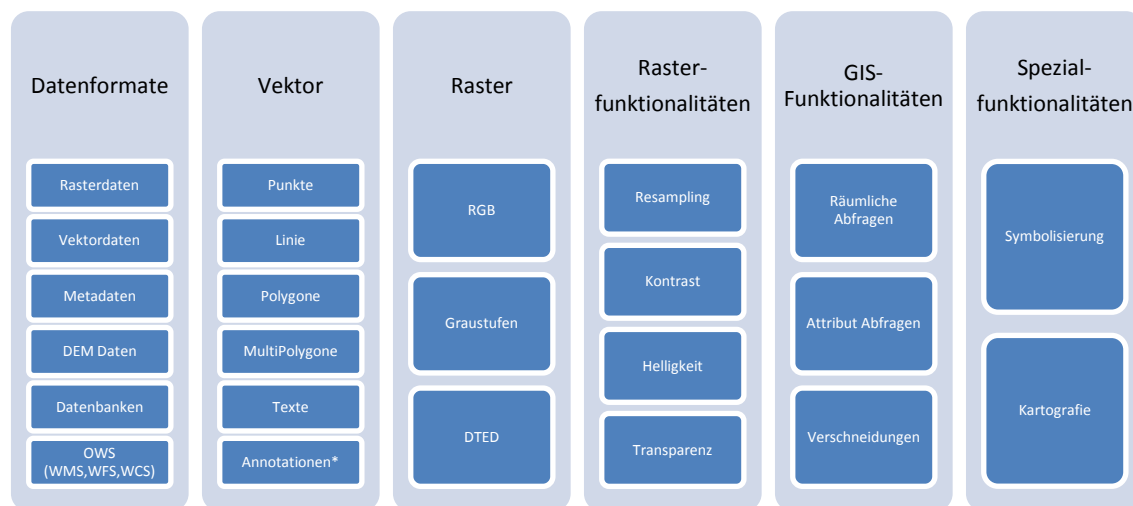
**Abbildung 2.2:** Schematische Darstellung der Anforderung der Bildanalyse

## 2.4 GIS und Image Analysis Systeme

Für die Bildanalyse werden spezielle Image Analysis Systeme eingesetzt (vgl. Kap. 2.4.2). Aufgrund der Tatsache, dass bei der Bildanalyse viele unterschiedliche Informationsquellen genutzt werden sollen, ist es erforderlich, auch auf GIS-Daten bzw. Geodateninfrastrukturen zuzugreifen. Zu diesem Zweck werden in der Praxis zur Bildanalyse häufig ergänzend Geoinformationssysteme, z. B. Produkte der Firmen ESRI oder Intergraph, eingesetzt. Für die Bildanalyse werden beispielweise Softwarelösungen der Firmen ERDAS, Overwatch Geospatial und ITT Visual Information Solutions verwendet.

## 2.4.1 Geoinformationssysteme

Geoinformationssysteme lassen sich in die Kategorien *Desktop GIS*, *Mobile GIS* und *Web GIS* unterteilen. Die Abbildung 2.3 beschreibt exemplarisch die Leistungsmerkmale eines Geoinformationssystems:

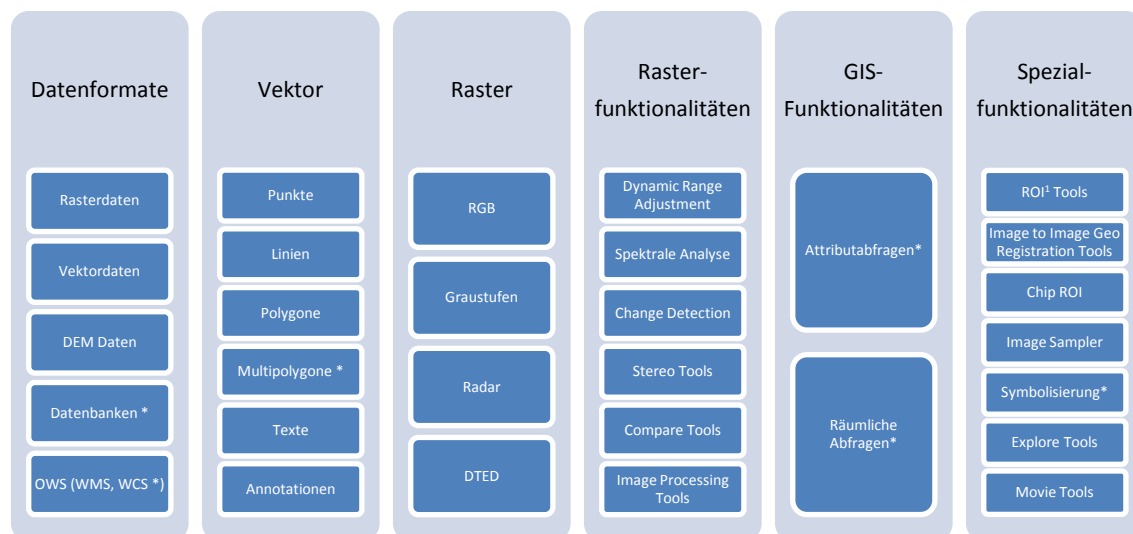


\* nur eingeschränkt möglich; Leistungsmerkmale sind systemabhängig und variieren je nach System;

Abbildung 2.3: Exemplarische Darstellung der Leistungsmerkmale eines GIS

## 2.4.2 Image Analysis Systeme

Image Analysis Systeme sind vorrangig Desktop-basierende Lösungen. Serverbasierte Systeme werden vielfach als Image Server bezeichnet. Die Abbildung 2.4 beschreibt exemplarisch die Leistungsmerkmale eines Image Analysis Systems:



\* nur eingeschränkt möglich; Leistungsmerkmale sind systemabhängig und variieren je nach System; <sup>1</sup>Region of Interest;

Abbildung 2.4: Exemplarische Darstellung der Leistungsmerkmale eines Image Analysis Systems

Die Tabelle 2.1 zeigt, dass die Unterstützung für OWS in Image Analysis Systemen bisher nicht sehr ausgeprägt ist und sich bei den hier betrachteten Produkten auf WMS und WCS beschränkt.

**Tabelle 2.1: OWS-Unterstützung in Image Analysis Systemen**

Image Analysis Produkte	WMS	WFS	WCS	WCPS	WPS
ERDAS IMAGINE 9.3	X	-	X	-	-
Global ImageViewer 3.1	X	-	-	-	-
RemoteView 2.9	X	-	-	-	-
ENVI 4.5	X	-	X	-	-

### 2.4.3 Vergleich von GIS und Image Analysis Systemen

Der Vergleich der Abbildung 2.3 und Abbildung 2.4 zeigt, dass GIS und Image Analysis Systeme identische und divergierende Leistungsmerkmale aufweisen. Ohne die speziellen Funktionalitäten eines Image Analysis Systems kann eine Bildanalyse nicht durchgeführt werden. Des Weiteren lassen sich GIS Fragestellung nicht ausschließlich mit einem Image Analysis System beantworten. Ein detaillierter Vergleich von GIS und Image Analysis Systemen bezüglich der Leistungsfähigkeit ist nicht Bestandteil dieser Arbeit.

## 2.5 Kombinierte GIS und Image Analysis Systeme

Wie bereits erläutert, werden bei der Bildanalyse kombinierte bzw. gekoppelte GIS und Image Analysis Systeme eingesetzt. Diese Systeme verfolgen das Ziel einer Fusion von GIS- und Image Analysis Funktionalität. Das GIS übernimmt bei einem solchen Lösungsansatz oftmals die Funktion einer Schnittstelle für den Zugriff auf zentrale Geodaten oder Geodateninfrastrukturen. Regions of Interest (ROI) werden aus dem GIS heraus exportiert und in das Image Analysis System transferiert, um dort im Rahmen der Bildanalyse weiterverarbeitet und mit speziellen Informationen kombiniert zu werden. Um dies zu erreichen, müssen die Daten aus dem GIS exportiert und in das Image Analysis System importiert werden. Dabei handelt es sich um einen indirekten Datenaustausch auf der Basis proprietärer Datenformate.

Alternativ besteht in einigen Fällen auch die Möglichkeit, die zu exportierenden Daten mittels der Application Program Interface (API) des Quellsystems und des Zielsystems direkt neu zu erzeugen. Diese Verfahren wird hier direkter Datenaustausch bezeichnet. In beiden Fällen handelt es sich eine Form der Geodatenintegration (vgl. Kap. 3.1).



Zwei Beispiele für Lösungen, die den Datenaustausch zwischen GIS und Image Analysis Systemen ermöglichen, sind die Produkte *ImageScout* der Firma Intergraph auf der Basis von *GeoMedia Professional* und *ILT Plus* und *promegis BRIDGE* der Firma promegis auf der Basis von *ArcGIS* und *Global ImageViewer* der Firmen ESRI und Overwatch Geospatial. Im weiteren Verlauf soll anhand des Produktes *promegis BRIDGE for ArcGIS* der Aufbau und die Funktionsweise einer solchen kombinierten GIS-/Image Analysis Lösung dargestellt werden. Neben der Variante für ArcGIS gibt es mit *promegis BRIDGE for GeoMedia* auch eine Variante, die das GIS GeoMedia unterstützt. Die Abbildung 2.5 zeigt den Systemaufbau von promegis BRIDGE.

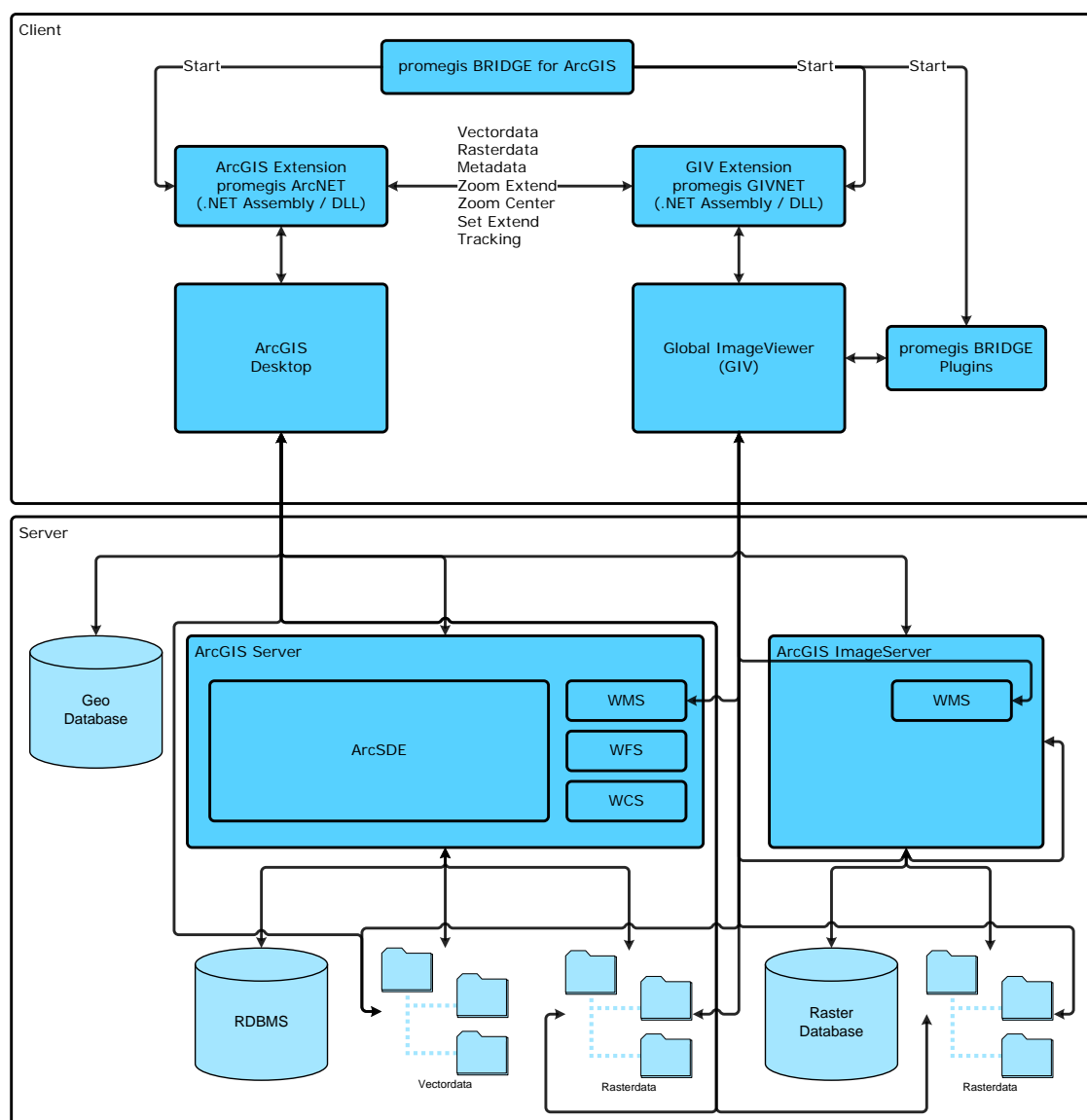


Abbildung 2.5: promegis BRIDGE auf Basis einer ESRI-GDI

promegis BRIDGE (vgl. Abbildung 2.5) ist entwickelt worden, um Image Analysten die Möglichkeiten zu geben, auf Daten einer Geodateninfrastruktur zurückzugreifen. Neben

den Komponenten der Geodateninfrastruktur nutzt promegis BRIDGE im Wesentlichen das GIS ArcGIS und das Image Analysis System Global ImageViewer. Das Produkt promegis BRIDGE bildet eine Brücke zwischen der Welt der GIS und Image Analysis Systeme. ArcGIS und Global ImageViewer kommunizieren dabei über entsprechende *Extensions*.

Bei der ArcGIS Extension *ArcNET* handelt es sich um eine .NET AssemblyDLL die mit der *GIVNET* .NET AssemblyDLL von Global ImageViewer kommuniziert. Beide Extensions stellen ein Subset an Funktionen zur Verfügung, die über die jeweilige andere Extension aufgerufen werden können. Damit stellen die Extensions wiederum Funktionen in Form einer eigenen API bereit. So ist es z. B. möglich, dass ein Entwickler über diese API Zugriff auf Funktionalitäten von ArcGIS und Global ImageViewer erhält, ohne sich mit den jeweiligen eigenen API dieser Produkte beschäftigen zu müssen. Die bidirektional zur Verfügung stehenden Funktionen sind:

- *Data Access*: Feature Data, Raster Data, Meta Data,
- *Symbolisation*: Map Style, Points, Lines, Polygons,
- *Label Features*: Label Features,
- *Selection Features*: Features, Layers, Regions,
- *Display Features*: Move, Center, Synchronization, Tracking, Set Extend,
- *Transfer Features*: Transfer Images, Transfer Annotations, Transfer Features, Transfer Metadata, Transfer Annotations.

Die Abbildung 2.6 zeigt die Koppelung von ArcGIS und Global ImageViewer auf der Grundlage von promegis BRIDGE for ArcGIS.

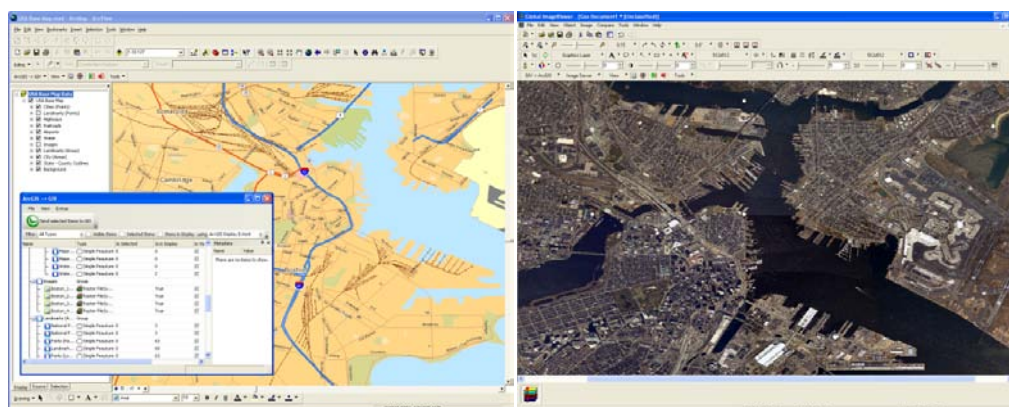


Abbildung 2.6: promegis BRIDGE als Brücke zwischen ArcGIS und Global ImageViewer

In der hier dargestellten Form repräsentiert promegis BRIDGE eine proprietäre Lösung für die Koppelung von GIS und Image Analysis Systemen und den kombinierten

Einsatz unterschiedlicher Technologien. Proprietär bezieht sich hier nicht auf die Datenaustauschformate, denn promegis BRIDGE transferiert Features nicht auf der Basis von proprietären Datenformaten, sondern proprietär bezieht sich auf die Nutzung herstellerspezifischer Schnittstellen. promegis BRIDGE erzeugt die Geometrien, die von ArcGIS an Global ImageViewer übertragen werden sollen, direkt mittels der API von Global ImageViewer.

Dieses Verfahren ist zwar nicht performanter als das Exportieren und anschließende Importieren einer Shape-Datei, allerdings bietet es eine bessere Kontrolle bei der Datenübertragung und die Möglichkeit, zumindest einen Teil der Symbolisierung der Karte von ArcGIS an Global ImageViewer zu übertragen. Bei der Symbolisierung von Features in Image Analysis Systemen wie Global ImageViewer sind Defizite gegenüber einem GIS zu erkennen. Aufgrund der unterschiedlichen Systemstrukturen und der in der Regel eingeschränkten Symbolisierungsmöglichkeiten von Image Analysis Systemen können die zum Teil aufwendig gestalteten Karten eines GIS nicht identisch im Image Analysis System angezeigt werden.

Das Lagebild im GIS entspricht somit nicht dem Lagebild der Bildanalyse. Für viele Aufgabenbereiche ist das kein Problem, da vielfach bei der Bildanalyse nur wenige Datensätze vom GIS in das Image Analysis System übertragen werden. Probleme treten jedoch dann auf, wenn z. B. Informationen übertragen werden, die im GIS in einem Layer gespeichert sind und deren Symbolisierung auf der Basis von Attributen erfolgt. Nicht alle Image Analysis Systeme unterstützen die Möglichkeit, Features Symbole zuzuordnen. Des Weiteren kann ein Image Analysis System die Symbolisierungen aus dem GIS in der Regel nicht automatisiert umsetzen, da dafür kein Standard existiert. Somit besteht derzeit nur die Möglichkeit, jeweils redundante Symbolbibliotheken vorzuhalten und die Zuordnung der Symbolisierung programmtechnisch zu steuern.

Dateibasierte Rasterdaten aus dem GIS werden im Image Analysis System erneut geladen. Optional besteht die Möglichkeit, nur Ausschnitte aus Bildern zu übertragen. In diesem Falle wird der gewählte Bereich in ein vom GIS unterstütztes Rasterdatenformat exportiert und anschließend im Image Analysis System geladen. Dabei wird unter Umständen das Originalformat des Bildes verändert, falls das GIS dieses Format nicht unterstützt. Liegen die Rasterdaten in einer Datenbank vor, so wird das Bild in ein dateibasiertes Datenformat exportiert und im Image Analysis System geladen. Neben den in Kapitel 3.1 dargestellten grundlegenden Problemen bei der

Geodatenintegration lassen sich die Probleme, bezogen auf die hier erläuterte Lösung, wie folgt zusammenfassen:

- *Performance Vektordatentransfer:* Der Datentransfer von Vektordaten einschließlich der Verschneidung und des Exports kann einige Zeit dauern.
- *Performance Rasterdatentransfer:* Der Datentransfer von Rasterdaten einschließlich des Imports und Exports kann einige Zeit dauern, falls Rasterdaten in andere Datenformate konvertiert oder Bildausschnitte extrahiert werden müssen.
- *Veränderung der Originaldaten:* GIS unterstützen in der Regel weniger Rasterdatenformate als Image Analysis Systeme, sodass in einigen Fällen der Export von Rasterdaten in ein anderes Format notwendig ist.
- *Datenverlust:* Aufgrund unterschiedlicher Systemstrukturen kann es zu Datenverlusten kommen.
- *Proprietäre Datenformate:* Teilweise erfolgt der Datenaustausch auf der Grundlage proprietärer Datenformate, die vom Quell- und Zielsystem abhängig sind und somit unterschiedlich sein können.
- *Symbolisierungen:* Lagebilder im Quell- und Zielsystem sind nicht identisch.
- *Wiederverwertbarkeit:* Es besteht ein hoher Entwicklungsaufwand für die Anpassung der Lösung für unterschiedliche Systemkonstellationen.
- *Aktualität:* Informationen der Bildanalyse stehen in der zentralen Datenhaltung erst dann zur Verfügung, wenn die Daten wieder an das GIS übertragen und dort gespeichert wurden.

## 2.6 Stand der Technik und aktuelle Entwicklungen

Im Bereich der Bildverarbeitung- und Bildanalyse gibt es unterschiedliche Ansätze, die teilweise komplexen Aufgabenstellungen zu lösen. Grundsätzlich lassen sich dabei, analog zum GIS Bereich, die Ansätze in *serverseitige* und *clientseitige Verarbeitung* von Bildinformationen unterscheiden.

Das Ziel der *serverseitigen Verarbeitung* ist es, den überwiegenden Anteil an Operationen auf dem Server durchzuführen. Der Client fungiert hierbei nur noch als Viewer für die Ergebnisse. Vorteil einer solchen Lösung ist, dass nur noch die Installation eines vergleichsweise einfachen Clients oder eines Plug-ins für den Browser notwendig ist, um Bildverarbeitungsaufgaben durchführen zu können. Darüber hinaus

eignet sich diese Lösung auch dann, wenn nur eingeschränkte Netzwerkkapazitäten zur Verfügung stehen. Die für die Verarbeitung notwendigen Daten bleiben auf dem Server; der Client erhält als Ergebnis ein Bild in der Größe nur weniger Kilobytes vom Server zurück. Ein weiterer Vorteil ist, dass die Hardwareanforderungen für den Client-Rechner gering sind. Technisch vergleichbar ist eine solche Lösung mit einem Web GIS.

Der Nachteil eines solchen Verfahrens ist, dass es nur angewandt werden kann, wenn alle Komponenten aufeinander abgestimmt sind. Ein interoperabler Zugriff auf unterschiedliche heterogene Datenquellen und Systeme wird in der Regel durch einen solchen *Thin Client*, das ist ein Client, dessen Funktionalität im Großen und Ganzen auf die Ein- und Ausgabe beschränkt ist, nicht unterstützt. Die Nutzung clientseitiger oder anderer dezentraler Datenquellen für die Analyse ist in der Regel nicht möglich. Darüber hinaus ist zu beachten, dass bei der Bildverarbeitung/Bildanalyse teilweise komplexe Rechenprozesse ablaufen. Daher ist die Performance einer serverseitigen Lösung sehr stark von der Anzahl der Anwender und der Komplexität der Rechenprozesse abhängig.

Die *clientseitige Verarbeitung* ist die klassische Methode. Hierbei werden alle Operationen auf einem *Thick Client*, das ist ein Client, bei dem die Verarbeitung der Daten direkt auf dem Client erfolgt, ausgeführt. Sofern clientseitig die notwendigen Schnittstellen unterstützt werden, ist ein interoperabler Zugriff auf dezentrale heterogene Daten ohne Weiteres möglich. Bei einer solchen Lösung stellt jeder einzelne Client Rechenkapazitäten zur Verfügung.

Nachteil einer solchen Lösung ist, dass der direkte Zugriff auf dezentrale Datenquellen bei eingeschränkten Netzwerkkapazitäten unter Umständen nicht möglich ist. Das Übertragen der Originaldaten zum Client kann zu erheblichen Zeitverzögerungen führen bzw. komplett fehlschlagen, falls keine entsprechenden Verfahren unterstützt werden, die sicherstellen, dass nicht immer die kompletten Daten übertragen werden. Darüber hinaus ist der Wartungsaufwand für eine solche Lösung ungleich höher, da die Produkte auf jedem einzelnen Client installiert werden müssen.

In der Praxis werden für die Bildverarbeitung und Bildanalyse derzeit weiterhin vorrangig Desktop-Produkte eingesetzt, wie anhand der Produkte ERDAS IMAGINE, Global ImageViewer, RemoteView und ENVI zu erkennen ist. Auch die hier

beschriebenen kombinierten GIS Image Analysis Produkte (vgl. Kap. 2.5) arbeiten ausschließlich clientseitig. Serverbasierende Lösungen stellen zwar grundlegende Bildverarbeitungsfunktionalitäten zur Verfügung, bieten allerdings derzeit noch nicht die Funktionalitäten, die der Anwender von Desktop-Produkten kennt. Serverbasierte Lösungen werden somit eher genutzt, um große Rasterdatenbestände für die clientseitige Nutzung zur Verfügung zu stellen. Die Problematik der serverseitigen oder clientseitigen Nutzung von Image Analysis Systemen ist in etwa analog zu der im GIS-Bereich zu sehen, in dem es ebenfalls immer wieder unterschiedliche Diskussionen über den Einsatz von Web GIS und Desktop GIS gibt. Welche Technik zum Einsatz kommt, ist in der Regel abhängig von den Anforderungen der Anwender.

Darüber hinaus stellen Hersteller auch bereits komplexere Komplettlösungen zur Verfügung. Ein Beispiel für eine solche Entwicklung ist z. B. das bereits genannte Produkt ERDAS APOLLO. Dieses Produkt verwaltet und organisiert Rasterdatenbestände für die Bildverarbeitung und stellt Daten auf der Basis einer SDI bzw. einer GDI zur Verfügung. Auch ERDAS APOLLO ist dazu konzipiert, Daten für GIS und Bildverarbeitungsprodukte zur Verfügung zu stellen. Dabei werden sowohl proprietäre Schnittstellen und Datenformate als auch die OGC-Standards WMS, WCS und CS-W unterstützt.

## 2.7 Literaturbeiträge

Die Literaturbeiträge zum Thema Interoperabilität beschäftigen sich vorrangig mit der Fragestellung des Datenaustauschs und der Datenintegration in ein Zielsystem sowie mit dem Zugriff auf dezentrale heterogene Datenquellen und Systeme auf der Basis von Services. Ein für diese Arbeit bedeutender und sehr detaillierter Beitrag zum Thema Interoperabilität ist die Dissertation von Donaubaier (2004). Die Dissertation beschäftigt sich mit der interoperablen Nutzung verteilter Geodatenbanken auf der Basis von Geo Web Services. Wesentliche Erkenntnisse der Arbeit lassen sich auf den Bereich der Bildanalyse übertragen. Donaubaier (2004) behandelt des Weiteren sehr detailliert die Verfahren Geodatenintegration (vgl. Kap. 3.1) und Geo Web Services (vgl. Kap. 3.2), bei denen es sich um eine spezielle Form der OGC Web Service handelt.

Das *OGC Reference Model*, die *Implementation Specifications* und die *Encoding Standards* des OGC bilden die Grundlagen für die Diskussion der OGC-Standards und

der Identifikation der Leistungsmerkmale der OWS. Darüber hinaus beschäftigen sich die Beiträge von Baumann (2007; 2008) speziell mit dem Thema der Standardisierung von Raster- und Mehrwertdiensten, deren Nutzung gerade für den Bereich der Bildanalyse interessant ist. Auch die Beiträge zum neuen WCPS zeigen das Potenzial, dass die zukünftige Nutzung dieser Services bietet (vgl. Baumann 2008; Open Geospatial Consortium, Inc. 2009c).

In der Literatur finden sich auch verschiedene Beiträge zu Projekten, die ähnlich gelagerte Fragestellungen, wie die in dieser Arbeit beschriebene Ausgangssituation, behandeln. Brinkhoff et al. (2008) beschreiben ein offenes Katastrophenmanagement (OK-GIS) mit freiem GIS, bei dem OWS verkettet werden. Das Gesamtsystem OK-GIS ist als eine Geodateninfrastruktur mit angeschlossenen Basisdiensten konzipiert. Das Verfahren der verketteten OWS wurde bereits von Weiser, Neis & Zipf (2006) im Rahmen eines Beitrages zur Orchestrierung von OGC Web Services im Katastrophenmanagement behandelt. Heier & Kiehle (2005) diskutieren in einer Veröffentlichung die standardisierte Geodatenverarbeitung im Internet. Weiterführend behandeln Kiehle, Greve & Heier (2006) in einem Beitrag die Standardisierung von Geoprocessing bezüglich zukünftiger Geodateninfrastrukturen und Stollberg et al. (2007) die Geoprozessierung in Geodateninfrastrukturen. Brauner (2008) stellt in einem Beitrag die Anbindung von GIS-Funktionalitäten an eine Geodateninfrastruktur über eine Web Processing Service (WPS) Schnittstelle dar und zeigt Möglichkeiten auf, existierende Lösungen über einen Wrapperdienst anzubinden.

Schimak et al. (2005) beschreiben in ihrem Beitrag die Entwicklung einer offenen serviceorientierten Architektur für das Risikomanagement im Rahmen des Projektes *ORCHESTRA*<sup>4</sup>. Ein anderes Projekt der Europäischen Union (EU) ist das Projekt *Global Monitoring for Environment and Security*<sup>5</sup> (GMES). Blaschke et al. (2007) beschreiben hierzu den Übergang des Projekts von einem Forschungsprojekt zu einem Umweltmonitoring Service. Weitere EU Projekte sind *Open Advanced System for Disaster and Emergency Management*<sup>6</sup> (OASIS) für den Bereich Katastrophenschutz und nicht zuletzt *Infrastructure for Spatial Information in the European Community*<sup>7</sup> (INSPIRE) als Initiative zur Schaffung einer europäischen Geodatenbasis.

---

<sup>4</sup> <http://www.eu-orchestra.org/>

<sup>5</sup> <http://www.gmes.info/>

<sup>6</sup> <http://www.oasis-fp6.org/>

<sup>7</sup> <http://inspire.jrc.ec.europa.eu/>

Die Literaturbeiträge zeigen, dass neben der reinen Implementierung bestehender OGC-Standards weitere Anwendungs- und Nutzungsmöglichkeiten in verschiedenen Bereichen evaluiert und analysiert werden. Auch die EU Projekte ORCHESTRA, GMES, OASIS und INSPIRE aus den Bereichen Risiko-, Umwelt- und Katastrophenmanagement machen die Bedeutung und Notwendigkeit interoperabler Lösungen ersichtlich. Jedoch wird auch deutlich, dass in der Regel eine Reihe unterschiedlicher Standardisierungen und daraus hervorgehender Services eingesetzt werden. Ein allumfassender Standard steht nicht zu Verfügung, was dazu führt, dass Erweiterungen bestehender Standards vorgenommen werden. Daher ist es wichtig, dass sich Lösungen möglichst nahtlos in bestehende IT-Strukturen integrieren lassen.

Dies spiegelt sich in den Diskussionen zum Thema der Orchestrierung von Web Services und OGC Web Services wieder. Allerdings muss hier festgestellt werden, dass die direkte Orchestrierung von OGC Web Services derzeit ohne Weiteres nicht möglich ist. Einen WPS für die Orchestrierung von Web Services einzusetzen, wie es bereits des Öfteren in der Praxis zu sehen ist und auch Literaturbeiträgen entnommen werden kann, ist möglich, entspricht jedoch nicht primär der Spezifikation eines solchen Web Services. Diese Aufgabe kann problemlos auch von jedem anderen Service wahrgenommen werden.

Um in weiterführenden Ansätzen eine noch weitergehende automatisierte Verkettung von Service zu ermöglichen, ist neben der syntaktischen auch die semantische Beschreibung von Web Service notwendig (Kiehle, Greve & Heier 2006). Die Literatur bietet hierzu, nicht nur aus dem Bereich der Geoinformatik, eine Fülle von Beiträgen, die allerdings im Rahmen dieser Arbeit nicht weiter behandelt werden können.



### 3 Lösungsansätze

In dem vorangegangenen Kapitel werden die Ausgangssituation und der grundlegende Bedarf einer interoperablen Lösung für den Zugriff auf verteilte heterogene Datenquellen und Systeme für die Domäne der Bildanalyse beschrieben. In diesem Kapitel werden nun die Ansätze diskutiert, die als Lösung für eine solche Aufgabenstellung in Betracht kommen. Es gibt unterschiedliche theoretische Möglichkeiten zur Lösung der beschriebenen Ausgangssituation.

Ein in der Vergangenheit häufig angewandtes Verfahren ist das Verfahren der Integration von Geodaten (Huber 2002). Donaubaue (2004) bezeichnet dieses Verfahren als *Geodatenintegration*. Auch das bereits beschriebene Produkt promegis BRIDGE (vgl. Kap 2.5) arbeitet nach diesem Ansatz. Daher wird dieses Verfahren bei den Lösungsansätzen auch noch einmal detailliert beschrieben, um die Vor- und Nachteile gegenüberstellen zu können. Donaubaue (2004) erweitert dieses von ihm als klassischen Ansatz bezeichnete Verfahren und beschreibt die interoperable Nutzung verteilter Geodatenbanken mittels standardisierter *Geo Web Services*. Dieses Verfahren wird als dienstorientierter Ansatz bezeichnet. Im weiteren Verlauf der Arbeit werden die Begriffe dienstorientiert und serviceorientiert synonym benutzt, da der Begriff serviceorientiert eher der heutigen Terminologie auch in Bezug auf serviceorientierte Architekturen entspricht.

Donaubaue (2004) bezieht sich bei seinen Untersuchungen zwar vorrangig auf die interoperable Nutzung von Geodatenbanken, grundsätzlich lassen sich jedoch einige Ergebnisse auch auf die Nutzung anderer Datenquellen und -formate übertragen. Der serviceorientierte Ansatz auf der Basis von Geo Web Services wird im Rahmen dieser Arbeit auch auf *OGC Web Services* bezogen. Dies ist in diesem Fall zulässig, da OGC Web Services nach der Definition von Donaubaue (2004) standardisierte Geo Web Services auf der Basis der Spezifikation der OGC sind (vgl. Abbildung 3.2). Im Rahmen der hier vorgestellten Lösungsansätze werden auch weiterführende Verfahren zur Komposition bzw. Aggregation von Web Services sowie grundlegende Möglichkeiten von serviceorientierten Architekturen betrachtet und diskutiert.

### 3.1 Geodatenintegration

Donaubauer (2004) definiert Geodatenintegration als die Überführung heterogener Daten aus einem oder mehreren Quellsystemen in ein neues Zielsystem unter Anwendung einer oder mehrerer der nachfolgenden Integrationssschritte:

1. *Datenstruktur*: Überführung der Datenstruktur des oder der Quellsysteme in das Datenmodell des Zielsystems.
2. *Datentransfer vom Quell- ins Zielsystem* mit den Schritten Export, Datenkonvertierung, Import, Neuordnung der Darstellungsregeln, Geometriemanipulation, semantische Neuklassifizierung und Qualitätskontrolle.

Der Datenbestand des Zielsystems setzt sich somit aus einem oder mehreren Datenbeständen der Quellsysteme zusammen. Da in den wenigsten Fällen das Datenmodell des Zielsystems mit der Datenstruktur der Quellsysteme übereinstimmt, kann es bei einem solchen mehrstufigen Integrationsprozess zwangsläufig zu Informationsverlusten kommen (Donaubauer 2004). Inwieweit sich Schritte zusammenfassen bzw. in einem Arbeitsschritt durchführen lassen, hängt von den Möglichkeiten der eingesetzten Softwareprodukte ab. Die Abbildung 3.1 zeigt einen schematischen Ablauf einer Geodatenintegration vom GIS in ein Image Analysis System auf der Grundlage der bestehenden Koppelung von GIS und Image Analysis Systemen (vgl. Kap. 2.5).

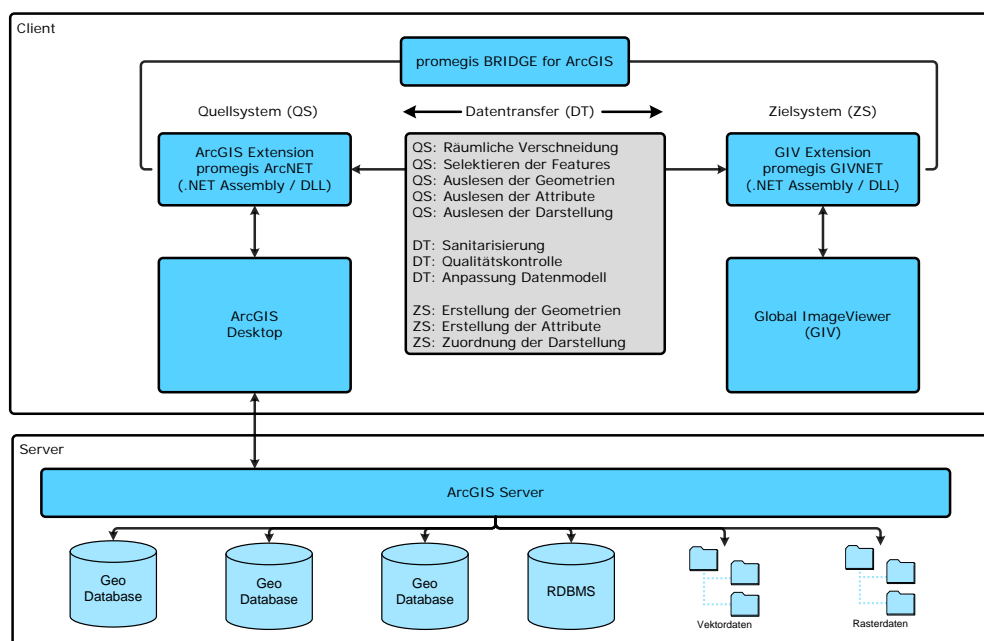


Abbildung 3.1: Geodatenintegration GIS / Image Analysis System

Der Datentransfer (Geodatenintegration) vom GIS in das Image Analysis System ist ein mehrstufiger Integrationsprozess, bei dem die Daten, die Datenstruktur und die Darstellungsregeln vom Quell- in das Zielsystem transformiert werden.

### 3.1.1 Verfahren für den Datentransfer

Es existieren unterschiedliche Verfahren für den Datentransfer. Die einzelnen Verfahren werden im weiteren Verlauf vorgestellt und erläutert.

### 3.1.2 Klassifikation der Verfahren für den Datentransfer

Für den Datenaustausch zwischen Quell- und Zielsystem gibt es vier Generationen von Verfahren<sup>8</sup> (Donaubauer 2004):

1. Verfahren zur Datenumsetzung auf Basis eines physikalischen Modells,
2. Datenorientierte mit Transferformaten arbeitende Verfahren (z. B. DXF- und ESRI Shape-Format als Quasi-Standard der Systemhersteller),
3. Verfahren, die auf einem statischen Modell basieren, wie z. B. EDBS,
4. Verfahren, die auf einem dynamischen Modell basieren, wie z. B. INTERLIS und mit Einschränkungen GML.

Donaubauer (2004) klassifiziert die unterschiedlichen Verfahren des Datentransfers bezogen auf den Einsatzzweck und die Leistungsmerkmale in:

- *Grafikorientierte Verfahren* zur Übertragung unstrukturierter mit Signaturen behafteter Geodaten (Vektordatenformate DXF und SVG sowie Rasterdatenformate TIFF, GeoTIFF, JPEG, GIF, PNG).
- *Verfahren zum Transfer objektstrukturierter Geodaten* für die Übertragung von geometrischen Objekten, die aus Geometrie und Sachdaten bestehen können (z. B. ESRI Shape-Format). Je nach Format bzw. Transferverfahren können darüber hinaus weiterführenden Informationen übertragen werden, wie z. B. die topologischen Strukturen per GML.

Neben den von Donaubauer (2004) nach Einsatzzweck und Leistungsmerkmalen klassifizierten Verfahren gibt es speziell bei der Bildanalyse Anwendungsbereiche, die den Einsatz von Raster- und Vektordaten und damit die Nutzung kombinierter Raster-/Vektorlösungen erfordern (vgl. Kap. 2.2.5). Bei einem solchen Verfahren werden

---

<sup>8</sup> Verfahren 2,3,4 nach Shi (2004)

grafikorientierte und objektstrukturierte Geodaten transferiert. Ein solches Verfahren wird an dieser Stelle als grafik-/objektorientiertes Verfahren bezeichnet.

- *Grafik-/objektorientierte Verfahren* ermöglichen den Transfer von unstrukturierten signaturierten Geodaten (TIFF, JPEG, JPEG2000) und strukturierten Geodaten (Annotationen mit Attributen, Metadaten und sonstigen objektorientierten Informationen). Ein Beispiel für ein solches grafik-/objektorientiertes Verfahren ist das NITF. Auch KML erfüllt im erweiterten Kontext die hier beschriebene Anforderung.

### 3.1.3 Modellbasierter Datentransfer

Beim sogenannten modellbasierten Datentransfer werden die vom Quell- zum Zielsystem zu transferierenden Daten exakt formal und maschinenlesbar auf der Ebene des konzeptionellen Datenmodells der zu transferierenden Daten beschrieben (Donaubauer 2004). Die Übertragung besteht aus den Geodaten und der maschinenlesbaren, exakten, formalen Beschreibung des Datenmodells. Dieses Verfahren hat zum Ziel, die Heterogenität der Daten und der den Daten zugrunde liegenden Datenmodelle zu überwinden.

### 3.1.4 Möglichkeiten und Grenzen der Geodatenintegration

Verfahren der Geodatenintegration als Möglichkeit der Kombination verteilter, heterogener Geodaten bzw. des Zugriffs auf verteilte heterogene Geodaten stoßen in der Regel schnell an Grenzen (vgl. Kap. 2.5; Huber 2002). Folgende Aspekte verdeutlichen, dass eine Geodatenintegration oft mit Problemen und Einschränkungen verbunden ist. Dies ist dann der Fall, wenn (vgl. Donaubauer 2004):

- Quell- und Zielsystem einen unterschiedlichen Komplexitätsgrad aufweisen,
- Daten schnell im Zielsystem zur Verfügung stehen müssen,
- Daten im Zielsystem stets aktuell gehalten werden müssen,
- Daten im Quell- und Zielsystem kontinuierlich aktualisiert werden müssen, was mit einem hohen administrativen Aufwand verbunden ist,
- Daten des oder der Quellsysteme komplex sind und somit ein hoher Zeitaufwand für die Integration entsteht,
- Symbolisierungen übertragen werden sollen und Quell- und Zielsystem unterschiedlich komplexe Möglichkeiten dafür zur Verfügung stellen.

Ein Beispiel für ein Produkt, das nach dem Ansatz der Geodatenintegration arbeitet, ist das Programmsystem Feature Manipulation Engine (FME) der Firma Safe. Die zu integrierenden Quelldaten werden zunächst in ein eigenes internes Datenformat umgesetzt, bevor mit diesen Daten weiter gearbeitet werden kann. In diesem Format können die Daten evaluiert, editiert, validiert, sanitarisiert und bei Bedarf in ein anderes Format exportiert werden.

Trotz einer Reihe von Nachteilen gibt es Fälle, die bewusst das Verfahren der Geodatenintegration favorisierten. Das ist vor allem dann der Fall, wenn Datenquellen nicht kontinuierlich zur Verfügung stehen oder wenn sicherheitsrelevante Aspekte gegen einen direkten Zugriff auf die Originaldaten sprechen. Daneben eignet sich die Geodatenintegration auch sehr gut für die Überprüfung, die Validierung oder die Sanitarisierung während des Transferprozesses. Des Weiteren kann es auch deutlich performanter sein, Abfragen und Analysen auf einem zentralen homogenen Datenbestand als auf verschiedene dezentrale heterogene Datenquellen auszuführen (vgl. Donaubaueer 2004). Der Einsatz des Verfahrens der Geodatenintegration hängt somit neben den technischen Möglichkeiten auch entscheidend von der Aufgabestellung und den Rahmenbedingungen ab.

### 3.2 Geo Web Services

Ein anderer Ansatz für Interoperabilität sind sogenannte *Geo Web Services*, die auf der Technologie der *Web Services* und damit auf einem Standard der Informationstechnologie aufsetzen. Das W3C (2004) definiert den Begriff *Web Service* als ein Software System, das für interoperable Maschinen zu Maschine Interaktionen über ein Netzwerk konzipiert wurde. Die Schnittstelle eines solchen Software Systems ist in einem für eine Maschine prozessierbaren Format, dem Web Service Description Language (WSDL) beschrieben. Andere Systeme interagieren mit dem Web Service in der Art und Weise der Beschreibung des Web Services auf der Basis des Simple Object Access Protocol (SOAP), das typischerweise über HTTP als Extensible Markup Language (XML) in Übereinstimmung mit anderen Standards transportiert wird. Das W3C (2004) definiert darüber hinaus einen *Service* als eine abstrakte Ressource, die die Eigenschaft repräsentiert, Aufgaben, die eine zusammenhängende Funktionalität vom Standpunkt des Anbieters und des Anfragenden formen, auszuführen.

Bezogen auf Geoinformationen sprechen Donaubaue (2004) und Matheus (2004) von *Geo Web Services*. Laut Donaubaue (2004) nutzt ein Geo Web Service das Internet als verteilte Rechenplattform und stellt über Schnittstellen bestimmte Funktionalitäten für die Nutzung von Geodaten bereit. Matheus (2004) definiert einen Geo Web Service als Web Service, der den Zugriff auf oder die Verarbeitung von Geodaten und raumbezogenen Informationen ermöglicht. Geo Web Services ermöglichen die interoperable Nutzung heterogener und verteilter Geodaten (Donaubaue 2004).

### 3.2.1 Klassifizierung von Geo Web Services

Ist ein Geo Web Service standardisiert, so handelt es sich um einen *standardisierten Geo Web Service*. Entspricht der standardisierte Geo Web Service einer Spezifikation der OGC, so wird dieser als *OGC Web Service* bezeichnet (vgl. Abbildung 3.2).

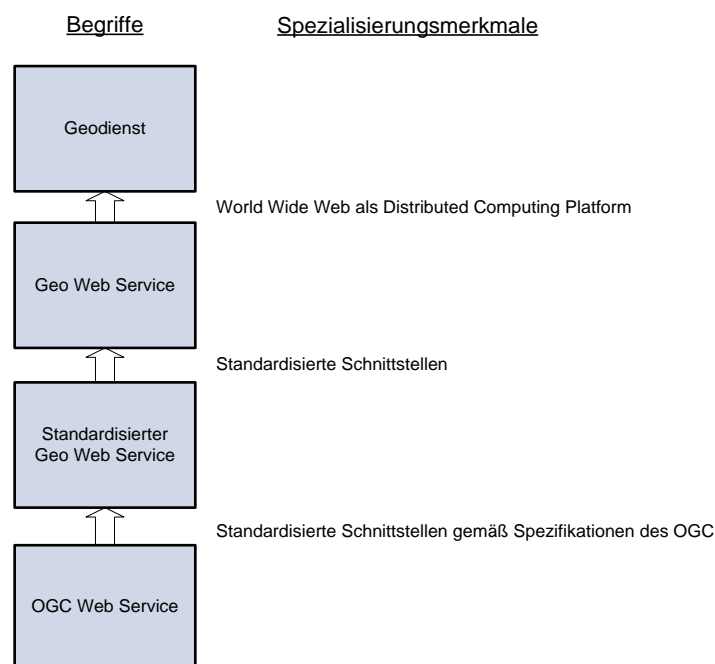


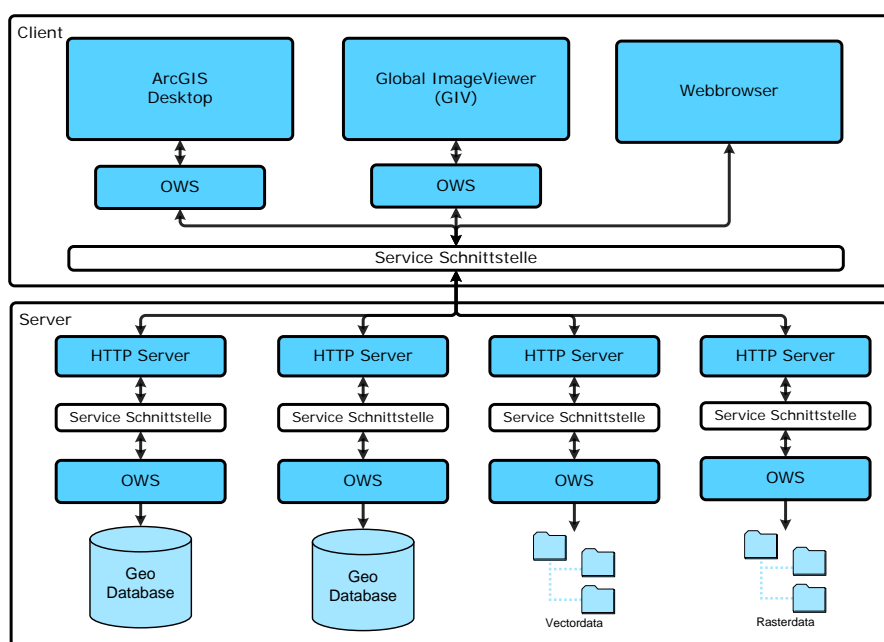
Abbildung 3.2: Begriffshierarchie für Geodienste, Quelle: Donaubaue (2004), verändert

Das Grundprinzip der interoperablen Nutzung verteilter Geodatenbanken mittels standardisierter Geo Web Services lässt sich laut Donaubaue (2004) so definieren, dass externen Nutzern nicht nur Geodaten, sondern auch Funktionalitäten für deren Verwendung bereitgestellt werden. Dieses Grundprinzip lässt sich zum Teil auch auf andere Geodaten erweitern und trifft ebenfalls auf die OGC Web Services zu. Donaubaue (2004) bezeichnet diesen Lösungsansatz, wie bereits erläutert, auch als *dienstorientierten Ansatz*, da er auf standardisierten Geodiensten aufbaut und definiert

die folgenden Bedingungen für die Quellsysteme, um dem dienstorientierten Ansatz zu entsprechen:

- Bereitstellung von GIS-Funktionalität in Form von Geodiensten,
- Einsatz von Internet-Technologie für die Vernetzung der Systeme,
- Interoperabilität durch den Einsatz standardisierter Schnittstellen.

Der Einsatz von standardisierten Schnittstellen sorgt dafür, dass Datenquellen und Systeme gekapselt werden können (vgl. Donaubaue 2004). Die Abbildung 3.3 zeigt die interoperable Nutzung dezentraler heterogener Datenquellen.



**Abbildung 3.3: Interoperable Nutzung dezentraler heterogener Systeme**

Abbildung 3.3 zeigt die Möglichkeiten der Nutzung dezentraler heterogener Datenquellen von GIS und Image Analysis Systemen. Die Interoperabilität wird hier durch die Nutzung der OWS hergestellt. Sind die entsprechenden Schnittstellen implementiert, können GIS und Image Analysis System auf gemeinsame Datenquellen zugreifen.

### 3.2.2 Möglichkeiten von Geo Web Services

Mit den Geo Web Services werden die nachfolgenden Ziele<sup>9</sup> verfolgt:

1. Bereitstellung universeller Zugangsmöglichkeiten zu Geodaten und GIS-Technologie,

<sup>9</sup> 1,2,3,4,5 nach Donaubaue 2004

2. Erschließung des Geoinformationsmarkts für neue Anwendergruppen,
3. Interoperabilität,
4. Einfachheit, Modularität und Erweiterbarkeit,
5. Dezentralisierung,
6. Kapselung von Datenquellen und Systemen,
7. Aufbau serviceorientierter Architekturen.

### 3.3 OGC Web Services

Bei den *OGC Web Services* handelt es sich um eine *standardisierte* Form von Geo Web Services auf der Basis der OGC-Standards (vgl. Abbildung 3.2). Daher treffen die grundsätzlichen Aussagen zu Geo Web Services auch auf die Sonderform des OGC Web Services zu. OGC Web Services sind somit ebenfalls als interoperabel einzustufen und bieten die Möglichkeit, Heterogenität und Dezentralität zu überwinden. An dieser Stelle erfolgt keine gesonderte Betrachtung der OGC Web Services, da diese in Kapitel 4.6.4 detailliert behandelt werden.

### 3.4 Gegenüberstellung der Lösungsansätze

Die Tabelle 3.1 vergleicht das Verfahren der Geodatenintegration mit dem serviceorientierten Lösungsansatz auf der Basis von OWS unter Berücksichtigung der speziellen Anforderungen des Einsatzes von GIS- und Image Analysis Systemen (vgl. Kap. 2.5).

**Tabelle 3.1: Gegenüberstellung der Lösungsansätze (vgl. Donaubaue 2004)**

Kriterien	Geodatenintegration	OGC Web Services
Aufgabe von Quell- und Zielsystem;	Bereitstellung von Daten über Exportschnittstellen; Bereitstellung einer API für den direkten Zugriff auf die Daten; Bereitstellung von GIS-Funktionalität; räumliche Extraktion der Daten;	Bereitstellung von Geodaten; Bereitstellung von OWS für den interoperablen Zugriff; Definition der Service-Requests;
Überwindung der Heterogenität der Quell- und Zielsysteme;	Abbildung des Datenmodells von Quell- und Zielsystem über eine API; syntaktische Umformung der Daten zwischen Quell- und Zielsystem;	Interoperabler Zugriff auf heterogene Datenquellen und Systeme auf der Basis von standardisierten Schnittstellen (OWS); keine Konvertierung von Daten mehr notwendig; Kapselung von Datenquellen und Systemen;
Überwindung der Dezentralität von Quell- und Zielsystem;	<i>Überwindung der Dezentralität liegt in diesem Falle auf der Seite des GIS; Datenaustausch erfolgt in der Regel nur auf dem Client;</i>	<i>Überwindung der Dezentralität erfolgt durch Nutzung der Internet-Technologie;</i>
Aktualität der Daten im Zielsystem;	Wiederholung des mehrstufigen Integrationsprozesses, sobald eine Aktualisierung im Quellsystem stattgefunden hat; da es sich bei der Bildanalyse jedoch eher um temporäre Projekte handelt, hat die Frage der Aktualität in der Regel eine nicht so hohe Bedeutung;	Aktualisierung der Daten im Zielsystem ist nicht erforderlich, da immer direkt auf die Datenquelle zugegriffen wird;
Aktualität der Daten	Daten stehen im Quellsystem erst wieder nach	Aktualisierung der Daten im



Kriterien	Geodatenintegration	OGC Web Services
im Quellsystem;	einem mehrstufigen Integrationsprozess in umgekehrter Reihenfolge zur Verfügung; Daten müssen explizit aus dem Image Analysis System an das GIS übertragen werden, um in einer GDI gespeichert zu werden; Zugang zur zentralen Datenhaltung erfolgt immer über das GIS;	Quellsystem kann direkt erfolgen, wenn die notwendigen Schnittstellen vorhanden sind;
Abbildung von Darstellungsregeln;	Definition von Darstellungsregeln; Darstellungen zwischen Quell- und Zielsystem müssen nach einer Datenübertragung angepasst werden;	Möglichkeit des Zugriffs auf die Darstellung des Quellsystems mit Einschränkungen;

Die Gegenüberstellung der Tabelle 3.1 zeigt, dass sich ein serviceorientierter Lösungsansatz auf der Basis von OWS zur Überwindung von Heterogenität und Dezentralität eignet. Die wesentlichen Vorteile eines solchen Verfahrens sind, dass kein aufwendiger mehrstufiger Integrationsprozess für den Datenaustausch notwendig und ein Zugriff auf stets aktuelle Daten gewährleistet ist. Im weiteren Verlauf der Arbeit steht daher die Interoperabilität auf der Basis von OGC Web Services im Vordergrund der Untersuchungen. Der hier bereits beschriebene serviceorientierte Lösungsansatz soll im weiteren Verlauf der Betrachtungen um die Möglichkeit der Aggregation von Services erweitert werden. Ziel dieses Verfahrens ist es, höherwertige Services zur Verfügung stellen zu können (vgl. Donaubaer 2004).

### 3.5 Komposition von Web Services und OGC Web Services

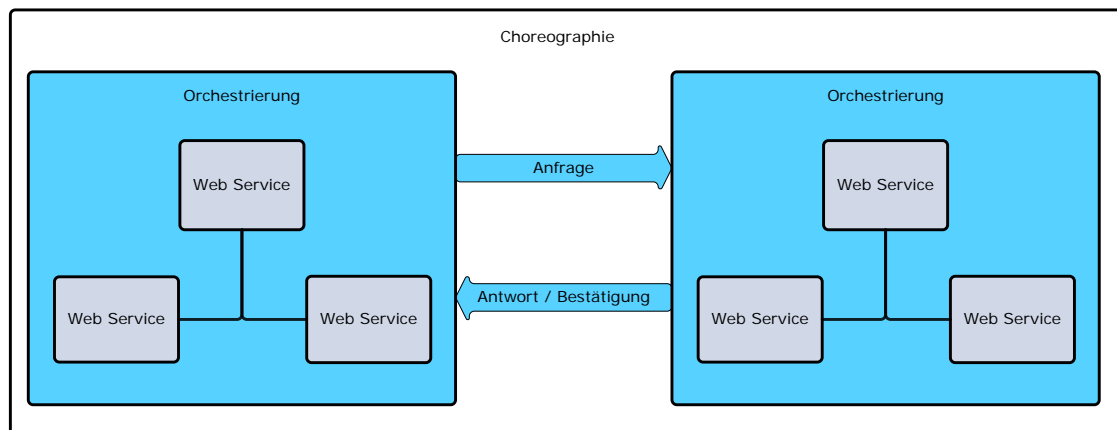
*Web Services* werden bereits seit mehreren Jahren eingesetzt, um Geschäftsprozesse zusammenzuschließen. Auf der Basis von Web Services können serviceorientierte Architekturen aufgebaut werden. Im Umkehrschluss bedeutet dies allerdings nicht, dass eine SOA aus Web Services bestehen muss, denn es sind auch andere Dienste denkbar. Ein Web Service Framework (WSF) kann in die Bereiche Kommunikationsprotokolle, Beschreibung der Services und Services Discovery unterteilt werden (World Wide Web Consortium 2009b) und besteht aus:

- Simple Object Access Protocol (SOAP),
- Web Service Description Language (WSDL),
- Universal Description, Discovery, and Integration (UDDI).

Unter der Komposition von Web Services versteht man den Zusammenschluss mehrerer Web Service zu einem Geschäftsprozess. Eine Sprache für die Komposition von Web Service ist die *Business Process Execution Language* (BPEL). Für die Komposition von Web Services stehen zwei ergänzende Ansätze zur Verfügung, die Orchestrierung und die Choreographie (Finger 2009).

- *Orchestrierung* beschreibt, wie Web Services auf der Ebene von Nachrichten miteinander auf der Basis eines ausführbaren Geschäftsprozess interagieren.
- *Choreographie* beschreibt, wie die einzelnen Prozesse untereinander agieren.

Die Abbildung 3.4 stellt diesen ergänzenden Ansatz grafisch dar.



**Abbildung 3.4: Service Choreographie und Orchestrierung, Quelle: Finger (2009)**

Die Choreographie ergänzt die Orchestrierung und stellt ein höheres Abstraktionsniveau für Web Services dar als die Orchestrierung. Die Orchestrierung von Web Services bietet die Möglichkeit, mehrere Web Service zu einem Geschäftsprozess zusammenzuschließen. Dies ist ein Ansatz, der auch im Bereich der Geoinformatik mit Interesse verfolgt wird (vgl. Jäger & Weidenhagen 2008; Weiser, Neis & Zipf 2006; Weiser & Zipf 2007; Brinkhoff et al. 2008; Stollberg & Zipf 2007). Für die Integration und Abbildung der Prozesse im Rahmen der Orchestrierung kann die BPEL eingesetzt werden. Dies setzt jedoch die Unterstützung von SOAP und WSDL voraus.

Die fehlende SOAP- und WSLD-Unterstützung in den meisten OWS verhindert jedoch in der Regel eine direkte Orchestrierung von OWS. Die Frage, ob eine Orchestrierung von OWS überhaupt möglich ist, wird in der Literatur in verschiedenen Beiträgen diskutiert (vgl. Weiser, Neis & Zipf 2006). Auch im Rahmen des OGC sind bereits unterschiedliche Ansätze zur Lösung des Problems diskutiert worden. Unter den Discussion Papers des OGC finden sich z. B. zum Thema SOAP die Beiträge OWS 5 SOAP/WSDL Common Engineering Report (Open Geospatial Consortium, Inc. 2008c) und Wrapping OGC HTTP-GET/POST Services with SOAP (Open Geospatial Consortium, Inc. 2008e), die sich mit der Integration von SOAP in OWS beschäftigen.

Derzeit gehen die Bestrebungen der OGC eher in die Richtung, HTTP-GET und HTTP-POST Anfragen auf der Basis von SOAP zu kapseln. Um dies zu erreichen, wird ein

clientseitiger und serverseitiger Proxy eingesetzt, der die Aufgabe hat, die HTTP-Anfragen in eine SOAP-Nachricht umzusetzen und an den Server oder Client zu senden (Abbildung 3.5).

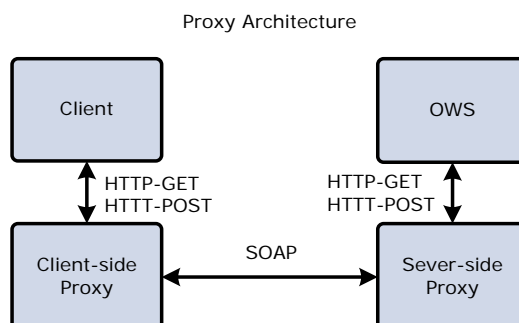


Abbildung 3.5: Proxy-Architektur, Quelle:Open Geospatial Consortium, Inc. (2008e)

Die mittels KeyValuePair (KVP) verschlüsselten HTTP-Anfragen müssen dann wiederum in eine einfache XML-basierende Struktur entschlüsselt werden (Open Geospatial Consortium, Inc. 2008e). Stollberg & Zipf (2007) verfolgen einen anderen Lösungsweg, indem sie die fehlende SOAP- und WSLD-Unterstützung und die damit verbundenen Restriktionen der OWS durch die Nutzung eines WPS für die Orchestrierung der OWS auflösen. Auf der Basis eines WPS wird also ein Orchestrierungsdienst erstellt, der wiederum die beteiligten OWS aufruft. Jäger & Weidenhagen (2008) verfolgen mit dem Ansatz der Erstellung eines neuen Services, der ebenfalls die OWS aufruft, einen ähnlichen Ansatz, setzen jedoch dafür keinen WPS ein.

### 3.6 Serviceorientierte Architekturen in der Informatik

Bei einer *Service Oriented Architecture* handelt es sich um ein Konzept, das verteilte IT-Services in Geschäftsprozesse einbindet oder diese anbietet (Finger 2009). Krafzig, Banke & Slama (2007) definieren den Begriff SOA als eine Softwarearchitektur, aufsetzend auf den Prinzipien eines Anwendungs-Frontends, eines Service, eines Service-Repository und eines Service-Bus. Dabei besteht ein Service aus einem Vertrag sowie einer oder mehreren Schnittstellen und einer Implementierung.

Im Rahmen der hier behandelten Aufgabenstellung könnte der Fall auftreten, dass Workflows der Bildanalyse in eine SOA zu integrieren sind. Bei einer SOA wird die Komplexität einzelner Applikationen in standardisierte Schnittstellen integriert. Die lose Koppelung einzelner Services sorgt für eine hohe Flexibilität und leichte

Wiederverwertbarkeit und im Idealfall würde keine Funktion mehrfach in einen Service implementiert (Finger 2009). Damit kann bei der Entwicklung Zeit eingespart werden, was sich wiederum als monetärer Vorteil darstellen würde. Eine Reihe modernerer GIS und Bildverarbeitungssysteme verfolgen ebenfalls den Ansatz serviceorientierter Architekturen (ESRI ArcGIS, ERDAS APOLLO, Intergraph GeoMedia). SOA wird sowohl für die Entwicklung von Desktop- und Serverlösungen als auch für die Entwicklung von Anwendungen für das Internet und Intranet eingesetzt.

### **3.7 Zusammenfassung**

Das Verfahren der Geodatenintegration ist ein bereits seit geraumer Zeit eingesetztes Verfahren. Die Vor- und Nachteile dieses Verfahrens sind bekannt und beschrieben. Der serviceorientierte Ansatz stellt eine Alternative zum Verfahren der Geodatenintegration dar. Dieser Ansatz entspricht der Philosophie des OGC nicht Formate für den Datenaustausch, sondern Schnittstellen und Funktionen zu beschreiben und stellt auch für die Bildanalyse eine Alternative zu den bisher vorrangig eingesetzten Verfahren des Datenaustauschs dar. Der allgemeine serviceorientierte Ansatz von Donaubaue (2004) wird auf OGC Web Services erweitert, um den Standardisierungen des OGC zu entsprechen. Die Komposition bzw. Aggregation von OWS bietet darüber hinaus im Sinne der Aufgabenstellung Möglichkeiten, höherwertige Services zu erstellen. Die meisten OWS sind in der Regel nicht orchestrierbar. Die Erstellung eines neuen Services, der die weiteren OWS aufruft, kann diese Einschränkung auflösen. Damit würde gleichzeitig ein höherwertiger Service auf der Basis generischer IT-Technologien geschaffen, der dann wiederum orchestrierbar ist.

## 4 Grundlagen der Interoperabilität durch Standardisierung

In diesem Kapitel geht es darum, für den in Kapitel 3 identifizierten serviceorientierten Lösungsansatz auf der Basis von OGC Web Services, die theoretischen Grundlagen zu schaffen und zu diskutieren. Zu diesen Grundlagen gehört auch, die Funktionsweise und die durch die jeweiligen OWS zur Verfügung gestellten Operationen zu identifizieren und zu beschreiben. Diese Grundlagen bilden die Basis für die konzeptionelle Betrachtung einer interoperablen GIS-/Image Analysis Lösung auf der Basis von aggregierten OGC Web Services, die in Kapitel 5 behandelt wird. Das Kapitel 5 baut somit auf diesen und den theoretischen Grundlagen des Kapitels 3 auf. Dabei werden zunächst der Begriff der Interoperabilität und einige grundsätzliche Fragen der Datenhaltung betrachtet, bevor auf die Bedeutung von Standards mit dem Schwerpunkt der OGC-Standards eingegangen wird.

### 4.1 Interoperabilität

*Interoperabilität, Standards und Normen* sind für die gesamte Verarbeitung von Informationen wichtige Parameter. Die interdisziplinäre Zusammenarbeit verschiedenartiger Systeme ist ohne Interoperabilität, Standards und Normen nicht oder nur sehr schwer zu realisieren. Daher ist auch für die gemeinsame Nutzung von GIS und Image Analysis Systemen Interoperabilität eine der grundlegenden Voraussetzungen. Interoperabilität ist kein Standard oder Produkt, sondern eine Fähigkeit oder Befähigung. Für Interoperabilität gibt es eine Vielzahl unterschiedlicher Definitionen. Für Andrae (2008) ist Interoperabilität dann gegeben, wenn Softwarekomponenten über Software-, System- und Institutionsgrenzen miteinander kommunizieren und zusammenarbeiten, ohne dass der Nutzer etwas davon mitbekommt. Brinkhoff (2005) impliziert bereits die Anforderungen bezüglich Geodaten, indem er Interoperabilität als eine Fähigkeit zweier oder mehrere Systeme, verzahnt miteinander zu arbeiten, beschreibt. Geodatenformate, -modelle und -schnittstellen müssen laut Brinkhoff (2005) spezifiziert und durch standardisierte Metadaten beschrieben werden. Die Definitionen zur Interoperabilität spezifizieren nicht, wie die Fähigkeit hergestellt werden kann. Somit kann Interoperabilität durch den Austausch von Informationen auf Dateiebene und durch die Nutzung von Services oder Web Services hergestellt werden.

Die Abbildung 4.1 zeigt recht anschaulich den Zusammenhang zwischen Interoperabilität und Konnektivität und die Funktion der einzelnen Standards.

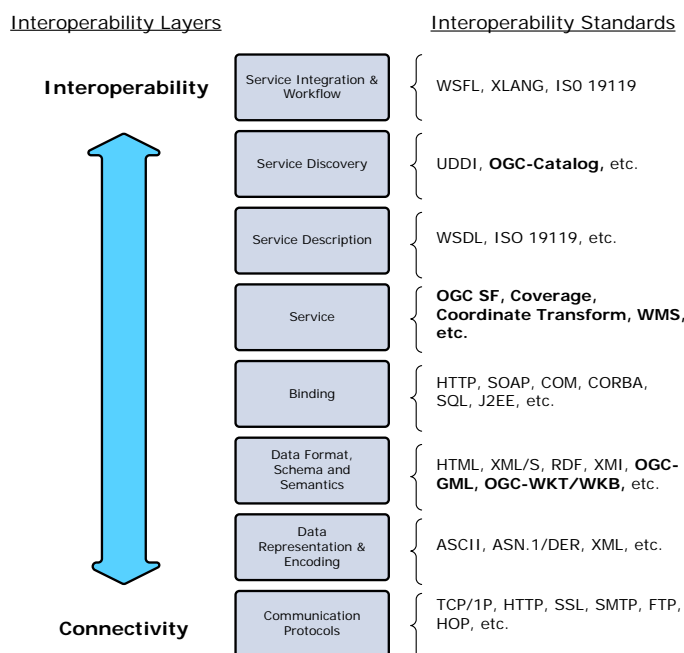


Abbildung 4.1: Services Interoperabilität Säule, Quelle: Open Geospatial Consortium, Inc. (2003a)

## 4.2 Modellierung von Raumphänomenen

GIS und Bildverarbeitungssysteme verwenden für die Modellierung räumlicher Phänomene in der Regel *Vektor-* und *Rasterdaten*.

- *Vektordaten* bieten die Möglichkeit, raumbezogene Objekte abzubilden. Grundlagen der Vektordaten sind die Geometrieformen Punkt, Linie und Polygon. Texte werden vielfach auch mit zu den Vektordaten gezählt.
- *Rasterdaten* sind eine weitere Möglichkeit der Darstellung raumbezogener Objekte. Rasterdaten bestehen aus einer Matrix von gleich großen Pixeln, denen ein entsprechender Farbwert zugeordnet ist, der wiederum eine Information repräsentiert. Das OGC nutzt für Rasterdaten auch den Begriff Coverages.

Vektor- und Rasterdaten können in unterschiedlichen Datenformaten gespeichert werden. Dafür stehen proprietäre Datenformate der Systemhersteller oder Standards zur Verfügung.

### 4.2.1 Klassifizierung von Rasterdaten

Es gibt eine ganze Reihe unterschiedlicher Rasterdaten und Rasterdatenformate, die im GIS- und Bildverarbeitungsbereich für verschiedene Aufgabenstellungen eingesetzt werden. Im Bereich der Bildanalyse werden vorrangig von Erderkundungssensoren gelieferte *panchromatische*, *multispektrale*, *hyperspektrale*, *ultraspektrale* und

*Radardaten* verwendet (vgl. Albertz 2007; Bähr & Vögtle 2005). Auch zur Speicherung von Rasterdaten stehen unterschiedliche Formate zur Verfügung. Im Bereich der Bildanalyse werden vielfach die Rasterdatenformate *NITF*, *TIFF* und *JPEG2000* eingesetzt.

#### 4.2.2 Klassifizierung von Vektordaten

Auch Vektordaten können in einer Vielzahl unterschiedlicher Datenformate dateibasierend gespeichert werden. Darüber hinaus werden oftmals auch relationale oder objektorientierte Datenbanken wie *Oracle*, *PostgreSQL/PostGIS* und *SQL-Server* eingesetzt.

#### 4.2.3 Kombinierte Raster- und Vektordatenformate

Im Bereich der Bildverarbeitung und Bildanalyse werden auch kombinierte Raster-, Vektor- und Metadatenformate, wie z. B. *NITF*, *KML*, *JPEG2000* und *GML* in *JPEG2000* eingesetzt, die die kombinierte Speicherung von Raster- und Vektordaten einschließlich erweiterter Informationen ermöglichen. Diese Datenformate speichern alle Informationen in einer Datei und ermöglichen so einen unkomplizierten Datenaustausch.

### 4.3 Datenhaltung

Geodaten können in Datenbanken oder in Dateisystemen gehalten werden. Dabei kann grundsätzlich zwischen einer *zentralen*, einer *dezentralen* oder einer *Mischform* der Datenhaltung unterschieden werden (Koordinierungsstelle GDI-DE 2007).

- *Dezentrale Datenhaltung* bedeutet, dass Datenbestände an unterschiedlichen Stellen bestehen. Räumlich und/oder logisch getrennte Datenbestände, auf denen Dienste aufgesetzt werden, die sich durch Standards miteinander verknüpfen lassen, kennzeichnen dabei eine serviceorientierte Architektur (Koordinierungsstelle GDI-DE 2007).
- *Zentrale Datenhaltung* bedeutet, dass Daten in einer Datenquelle gehalten werden. Dies kann z. B. eine Datenbank sein, bei der der Zugriff auf die Datenbank über einen einzigen Dienst erfolgt (Koordinierungsstelle GDI-DE 2007).
- *Mischformen* sind Kombinationen von dezentralen Primärdaten- und zentralen Sekundärdatenhaltungen. Datenerfassung und Pflege erfolgen dezentral,

während z. B. für die Auskunft und Analyse ein zentraler Datenbestand genutzt wird (Koordinierungsstelle GDI-DE 2007).

#### 4.4 Geodateninfrastrukturen

Der Aufbau von Geodateninfrastrukturen wird derzeit in fast allen Bereichen, die mit Geoinformationen zu tun haben, vorangetrieben. Die ersten Ansätze in diesem Bereich verwendeten den Begriff *Spatial Data Infrastructure*, wobei sich im deutschen Sprachraum der Begriff *Geodateninfrastruktur* durchgesetzt hat (Bernard, Cromptvoets & Fitzke 2005). Andere Länder verwenden aber weiterhin den Begriff SDI, der im weiteren Verlauf der Arbeit synonym zu GDI verwendet wird. Bei einer GDI wird davon ausgegangen, dass neben der eigentlichen Information auch die Information über die Information, im Sinne von Metadaten, entscheidend für ein funktionierendes Gesamtsystem ist. Eine GDI stellt Geodienste und Geodaten sowie die beschreibenden Metadaten in einer strukturierten und koordinierten Form netzwerks-, organisations-, und fachübergreifend zur Verfügung. Bestandteile einer GDI sind Geodienste, Geodaten, Metadaten, Standardisierungen und Normen sowie Vereinbarungen über den Zugang und die Nutzung (Koordinierungsstelle GDI-DE 2007). In Deutschland gibt es Initiativen auf Landesebene (GDI-NRW, GDI-NI, GDI-BY, GDI-BW) und auf Bundesebene (GDI-DE<sup>10</sup>). In Österreich repräsentiert Geoland.at<sup>11</sup> das Geodatenportal der österreichischen Länder. INSPIRE ist ein Beispiel für die Bestrebungen zum Aufbau einer GDI auf europäischer Ebene und die Global Spatial Data Infrastructure (GSDI<sup>12</sup>) ist ein Beispiel für eine internationale GDI.

#### 4.5 Standardisierung

Projekte wie INSPIRE oder GDI-DE könnten ohne Standardisierung nicht umgesetzt werden. Allerdings wird auch bei der Standardisierung deutlich, dass es den Standard, der alle Anforderungen berücksichtigt, so nicht gibt. Grundsätzlich wird bei der Standardisierung zwischen *De-jure-Standards*, die über offizielle Standardisierungsgremien wie z. B. die International Organisation for Standardisation (ISO) und *De-facto-Standards* oder auch *Quasi-Standards*, die von nicht offiziellen Gremien (OGC oder W3C) festgelegt werden, unterschieden (vgl. Koordinierungsstelle GDI-DE 2007). Herstellerstandards, die sich in der Praxis etabliert haben, für die aber

---

<sup>10</sup> <http://www.gdi-de.de/>

<sup>11</sup> <http://www.geoland.at/>

<sup>12</sup> <http://www.gsdi.org/>



keine Normierung durchgeführt wurde, werden als *proprietary Standards* bezeichnet. An dieser Stelle sollen die verschiedenen Organisationen für Standardisierung, die für diese Arbeit von Bedeutung sind, kurz vorgestellt werden. Das OGC wird dabei detaillierter betrachtet, da diese Arbeit auf den Standards des OGC aufbaut.

### 4.5.1 ISO

ISO steht für die *International Organisation for Standardization* und ist der größte Entwickler und Herausgeber von internationalen Standards (International Organisation for Standardization 2009). Die ISO ist ein Netzwerk der nationalen Normungsorganisationen. Neben der ISO gibt es noch die Internationale elektrotechnische Organisation (IEC) und die internationale Fernmeldeunion (ITU). Alle drei Organisationen bilden gemeinsam die World Standards Cooperation (WSC). Das OGC arbeitet eng mit dem für die Bereiche Geoinformation und Geomatics zuständigen *Technischen Komitee 211* (TC 211) der ISO zusammen. Unter den ISO-Standards der 19100-Reihe sind die Standards für Geoinformationen zusammengefasst.

### 4.5.2 W3C

Das *World Wide Web Consortium* (W3C) ist ein 1994 gegründetes internationales Consortium und entwickelt interoperable Technologien, zu denen Spezifikationen, Richtlinien, Software und Tools gehören, um das ganze Potenzial des World Wide Web zu nutzen (World Wide Web Consortium 2009b).

### 4.5.3 Open Geospatial Consortium. Inc. (OGC)

Das Open Geospatial Consortium, Inc. ist eine internationale nicht profitorientierte Organisation und entwickelt allgemeingültige Standards für raumbezogene und Location Based Services (Open Geospatial Consortium, Inc. 2009a). Das OGC besteht derzeit aus über 380 Mitgliedern. Dazu zählen öffentliche Institutionen, Hochschulen und Universitäten sowie Industrieunternehmen. Im Vordergrund steht dabei der einheitliche Zugriff auf räumliche Informationen auf der Basis von Interoperabilität. Zu diesem Zweck definiert das OGC auf der Basis aktueller Informationstechnologien frei verfügbare Spezifikationen für offene Schnittstellen und Protokolle, die *OpenGIS Implementation Specifications*.

Pichler & Klopfer (2005) beschreiben einen der wesentlichen Vorteile des OGC damit, dass das Interoperieren dem Anwender die Möglichkeit gibt, die für seine

Anforderungen am besten geeignete Anwendung einzusetzen. Dies entspricht einem der Ziele dieser Arbeit bezüglich der Nutzung von GIS und Image Analysis Systemen. Das OGC sieht es als seine zentrale Aufgabe an, raumbezogene Schnittstellenspezifikationen zu definieren, und diese weltweit frei verfügbar zu machen und unentgeltlich zur Verfügung zu stellen (Open Geospatial Consortium, Inc. 2009a). Durch frei verfügbare Schnittstellenspezifikationen können leistungsfähigere und flexiblere Produkte und Dienste in einem kürzeren Zeitraum und zu geringeren Kosten entwickelt werden (Pichler & Klopfer 2005).

Das OGC unterhält strategische Partnerschaften mit Industriekonsortien und anderen Standardisierungsorganisationen, wie z. B. ISO, W3C, OASIS und Object Management Group (OMG). Mit dem für die Bereiche Geoinformation und Geomatics zuständigen TC211 der ISO ist durch eine sogenannte Class A Liaison eine Bündelung der Aktivitäten vereinbart worden. OGC und ISO/TC211 arbeiten weitestgehend komplementär (Pichler & Klopfer 2005).

#### **4.6 OGC-Standards und Spezifikationen**

Laut Pichler & Klopfer (2005) galten Geoinformationssysteme in der Informationstechnologie lange Zeit als komplex, aufwendig und teuer. Damit war die Nutzung von Geoinformationen und Systemen lange Zeit nur den GIS-Experten vorbehalten, nicht zuletzt aufgrund der Geschlossenheit dieser Systeme und der proprietären Datenhaltung (Pichler & Klopfer 2005). Daraus ergab sich die Forderung nach Vereinheitlichung bezüglich der Daten- und Datenaustauschformate, der Datenmodelle, der Schemata und der Metadaten (Pichler & Klopfer 2005). Das OGC hat sich dieser Forderung angenommen und setzt bei der Standardisierung auf die durch GIS zur Verfügung gestellten Funktionen. Erreicht wird dies durch die Definition von Schnittstellen zu entsprechenden Diensten. Dabei wird jeweils die Summe der Funktionen beschrieben, die durch einen Dienst zur Verfügung gestellt werden müssen. Daten können so unabhängig von der Datenhaltung des Systems, auf das zugegriffen werden soll, ohne Konvertierung bereitgestellt werden (vgl. Pichler & Klopfer 2005).

Die auf der Webseite des OGC <sup>13</sup> veröffentlichten OpenGIS Standards und Spezifikationen sind technische Dokumente, die Schnittstellen oder Codierungen beschreiben. Softwareentwickler nutzen diese Dokumente, um die Schnittstellen und

---

<sup>13</sup> <http://www.opengeospatial.org/>

Codierungen in den eigenen Produkten und Diensten zu unterstützen. Das OGC unterscheidet zwischen (Open Geospatial Consortium, Inc. 2009b):

- *Implementation Specifications* beinhalten detaillierte technische Informationen für die Entwicklung von Schnittstellen für die Kommunikation von Systemen (Open Geospatial Consortium, Inc. 2009b). Eine OpenGIS Implementation Spezifikation definiert, was ausgetauscht werden soll und welche Befehle dafür genutzt werden dürfen.
- *Abstract Specifications* beschreiben durch eine eigene Architektur die eigene Vision räumlicher Technologie und Dateninteroperabilität des OGC. Die Abstract Specifications sind die konzeptionelle Grundlage für die meisten Spezifikationsentwicklungen des OGC (Open Geospatial Consortium, Inc. 2009b).
- *Best Practices* enthält Diskussionen zur Nutzung oder Implementierung eines angenommenen OGC-Dokumentes.
- *Discussion Papers* beinhalten Diskussionen über technologische Aspekte und Standardisierungen für die Weitergabe an die Öffentlichkeit.
- *White Papers* stellen ein öffentliches Papier dar, in dem unterschiedlichste Positionen des OGC dargestellt werden.

Die Tabelle B.1 im Anhang zeigt eine Übersicht der im Rahmen dieser Arbeit betrachteten OGC-Standards. Darüber hinaus beschreibt das OGC Reference Model (ORM) die OGC-Standards Baseline bezüglich der Beziehungen zwischen den Baseline Dokumenten. Die OGC-Standards Baseline besteht aus dem genehmigten OpenGIS Abstract und Implementation Standards (Interface, Encoding, Profil-, Application Schema) und Best Practice Dokumenten (Open Geospatial Consortium, Inc. 2008a).

#### **4.6.1 GML - Geography Markup Language**

Die *Geography Markup Language* ist eine XML-basierende Sprache zum Austausch raumbezogener Objekte, die auch als Features bezeichnet werden. GML greift auf XML-Schemadateien, die XSD-Dateien, zurück, in denen z. B. Featuretypen, Geometrien und Referenzsysteme definiert sind. Die konzeptionelle Modellierung von GML basiert auf der ISO 19100-Reihe. Derzeit steht GML in der Version 3.2.1 zur Verfügung. Die ISO-Norm 19136 ist identisch mit der der Definition des OGC-Standards für GML 3.2. GML erlaubt nicht nur den Austausch von Vektordaten,

sondern darüber hinaus auch den Austausch von Coverages, zu denen auch Oberflächen zählen. Darüber hinaus ist GML wiederum Bestandteil anderer OGC-Standards, wie z. B. des WFS. Weiterführende Informationen zur Geography Markup Language können der Implementation Specification des OGC-Standards (Open Geospatial Consortium, Inc. 2007b) entnommen werden.

#### **4.6.2 KML - Keyhole Markup Language**

Die *Keyhole Markup Language* (KML) ist ebenfalls eine XML-basierende Sprache zum Austausch von Geodaten und weiterführenden Informationen. Die ursprünglich von Google entwickelte Sprache KML liegt in der Version 2.2 vor und wurde im April 2008 als OGC-Standard übernommen. Ähnlich wie Webbrowser HTML-Dateien lesen und anzeigen können, so können sogenannte Earth Browser eine KML-Datei lesen und anzeigen (Wernecke 2008). KML ist, wie andere XML-basierende Datenformate auch, für den Menschen direkt lesbar. Nicht zuletzt aufgrund des Erfolges der Google Earth und Google Maps Produkte erfreut sich KML einer wachsenden Popularität, die sich darin niederschlägt, dass immer mehr GIS- und Bildverarbeitungslösungen, wie z. B. ArcGIS, GeoMedia und FME das KML-Format unterstützen. Auch Mobile Devices setzen bereits in vielen Fällen auf KML als Datenformat (Wernecke 2008). Neben dem Austausch von 2D- und 3D-Geodaten können mit KML auch Rasterdaten sowie beliebige weitere Informationen (Styles, Symbole, Bilder, Videos, etc.) ausgetauscht werden. KML verfügt damit über eine hohe Flexibilität und bietet im Vergleich mit dem NITF (vgl. Kap. 2.2.6) ähnliche bzw. erweiterte Möglichkeiten. KML wird beim Datenaustausch in eine KMZ-Datei gepackt, bei der die Komprimierung im ZIP-Format erfolgt. Die Implementation Specification KML (Open Geospatial Consortium, Inc. 2008b) beschreibt den OGC-Standard KML.

#### **4.6.3 GML in JPEG 2000**

GML in JPEG 2000 for Geographic Imagery Encoding (GML in JPEG 2000) definiert die Nutzung von GML (vgl. Kap. 4.6.1) in JPEG 2000. Ein möglicher Anwendungsbereich ist die Bildverarbeitung oder Bildanalyse. Auf der Basis von GML in JPEG 2000 können geografische und Metainformationen gespeichert werden. Darüber hinaus definiert der Standard spezielle GML Schemas und Mechanismen für die Komprimierung der GML-Daten innerhalb von JPEG 2000 Bilddaten. GML in JPEG 2000 ist somit ebenfalls ein Datenformat, mit dem Vektor-, Raster- und

Metadaten sowie weitere Informationen übertragen werden können. Die Encoding Specification des OGC-Standards (Open Geospatial Consortium, Inc. 2006a) beschreibt die weiteren Möglichkeiten des OGC-Standards.

#### 4.6.4 OWS - OGC Web Services

Unter den Begriff *OGC Web Services* werden die Web Services des OGC zusammengefasst. Im Rahmen dieser Arbeit werden die OWS betrachtet, die im Rahmen der Ausgangssituation Lösungsmöglichkeiten für die Herstellung von Interoperabilität für GIS und Image Analysis Systeme darstellen. OWS können in *Karten-, Daten-, Verarbeitungs- oder Berechnungsdienste* und *Katalog- oder Registrierungsdienste* klassifiziert werden. Die folgenden Kapitel beschäftigen sich mit der Identifikation und Beschreibung der Leistungsmerkmale der einzelnen OWS. Diese Maßnahme ist notwendig, um die Einsatzmöglichkeiten der spezifischen OWS für die Bildanalyse zu prüfen und zu klassifizieren. Darüber hinaus bilden diese Informationen die Grundlage für die Evaluierung und eine mögliche spätere softwaretechnische Umsetzung.

#### 4.6.5 Basistechnologie

Der Einsatz der OWS setzt verschiedene Basistechnologien voraus, die an dieser Stelle der Vollständigkeit halber kurz erläutert werden sollen.

##### 4.6.5.1 Hypertext Transfer Protocol

Beim *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP) handelt es sich um ein Protokoll zur Datenübertragung. Das HTTP-Protokoll stellt die Möglichkeiten GET und POST zur Verfügung, um spezielle Informationen an eine Ressource zu senden.

- *HTTP-GET* übernimmt dabei zusammen mit der Anfrage an eine Ressource die Übertragung der Information als Teil der Uniform Resource Locator (URL). Ein Vorteil der GET-Methode ist, dass bei einer Speicherung und Weitergabe der URL die Anfrage an die Ressource erhalten bleibt. Ein wesentlicher Nachteil hingegen ist, dass die Anzahl der Zeichen für einen GET-Request beschränkt ist. Daher eignet sich die GET-Methode nicht zur Formulierung sehr komplizierter Anfragen an eine Ressource (vgl. Network Working Group 1999b). Die Tabelle 4.1 zeigt die reservierten Zeichen in einem HTTP-GET-Request.

**Tabelle 4.1: Reservierte Zeichen HTTP-GET-Request, Quelle: Open Geospatial Consortium, Inc. (2006b), verändert**

Zeichen	Beschreibung
?	Separator steht für den Start einer Abfrage;
&	Separator zwischen den Parametern in einer Abfrage;
=	Separator zwischen Name und Wert eines Parameters;
,	Separator zwischen individuellen Werten bei listenartigen Parametern (z. B. BBOX, LAYERS und STYLES im GetMap-Request);
+	Repräsentiert Leerzeichen.

- *HTTP-POST* überträgt Informationen in einer dafür vorgesehenen Anfrageart in den Kopfdaten des HTTP. Die URL gibt keinerlei Aufschlüsse über die übertragenen Informationen. Die POST-Methode eignet sich vor allem dann, wenn größere Datenmengen übertragen werden sollen. Auf der Grundlage von HTTP-POST können z. B. Formulare, Textdokumente oder auch Bilder übertragen werden (vgl. Network Working Group 1999a).

#### 4.6.5.2 Extensible Markup Language (XML)

Die *Extensible Markup Language* ist ein einfaches, sehr flexibles textbasierendes Format, das von SGML (ISO 8879) abgeleitet wurde (World Wide Web Consortium 2009a). Die wesentliche Aufgabe von XML ist der Austausch von Daten zwischen unterschiedlichen Systemen.

#### 4.6.6 WMS - Web Map Service

Ein *Web MAP Service* ist eine spezielle Form eines Web Services, der auf der Basis räumlicher Anfragen statische Karten zur Verfügung stellt. Die Karte wird dabei in Form eines Bildes vom Server zum Client übertragen. Für die Ausgabe stehen die Formate *Picture* (GIF, PNG, JPEG, TIFF), dabei handelt es sich um ein rechteckiges Pixel Array einer festen Größe, das auf dem Server gerendert wird oder *Graphic Element* (SVG, WebCGM), dabei handelt es sich um eine maßstabsunabhängige Formatbeschreibungen der grafischen Elemente, das auf dem Client gerendert wird, zur Verfügung (Open Geospatial Consortium, Inc. 2006b). Dabei nutzt der Web Map Service das Hypertext Transfer Protocol (vgl. Kap. 4.6.5.1), um einen Request an einen Server zu stellen. Die Anfragen in der URL müssen durch reservierte Zeichen getrennt werden (vgl. Tabelle 4.1). Aktuell ist die WMS Implementation Specification in der Version 1.3.0 vom 15.03.2006. Die OpenGIS Web Map Service (WMS) Implementation Specification steht auch als ISO 19128 (ISO 19128:2005 Geographic information - Web Map Server Interface) zur Verfügung. Der im Vergleich zu anderen

OWS technisch einfach zu realisierende und zu integrierende WMS wird von den meisten Geoinformationssystemen und Image Analysis Systemen unterstützt. Die Abbildung 4.2 zeigt schematisch den möglichen Aufbau eines WMS für die Bildanalyse.

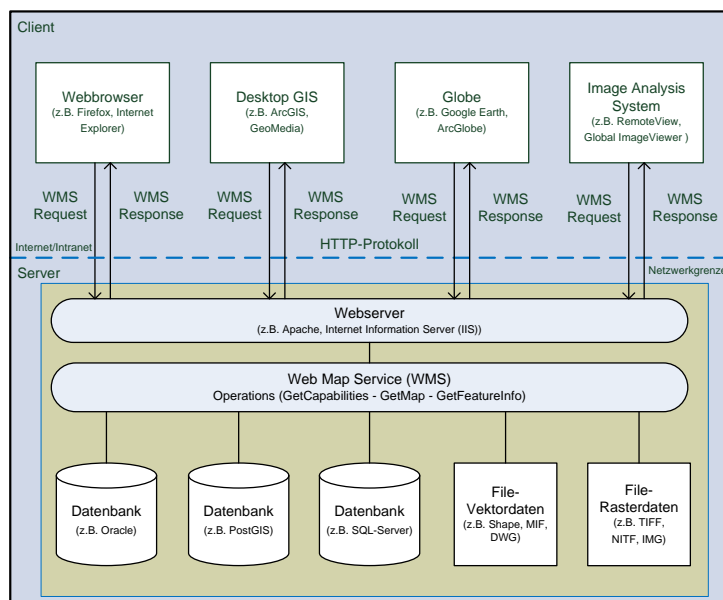


Abbildung 4.2: Schematischer Aufbau Web Map Service

WMS Clients können gleichzeitig auf verschiedene WMS und somit auf weitere Datenquellen zugreifen. Dabei entsteht jedoch das Problem der gemeinsamen Visualisierung der Datenbestände. Die Aufbereitung der Karten erfolgt serverseitig. Der Client kann dabei keinen Einfluss auf die Erstellung der Karte sowie auf die Reihenfolge der Anordnung der Layer nehmen. Eine Möglichkeit, die Darstellung einer durch einen WMS zur Verfügung gestellten Karte zu beeinflussen, bietet das *Styled Layer Descriptor* (SLD) Profile. Dieses Profil wird im folgenden Kapitel 4.6.7 näher beschrieben.

Die Kommunikation zwischen Client und Server erfolgt beim WMS mittels definierter Anfragen, sogenannter Requests. Ein WMS verfügt über die drei Operationen

- *GetCapabilities*,
- *GetMap*,
- *GetFeatureInfo* (optional),

die als Requests vom Client an den Server gesendet werden (vgl. Abbildung 4.3).

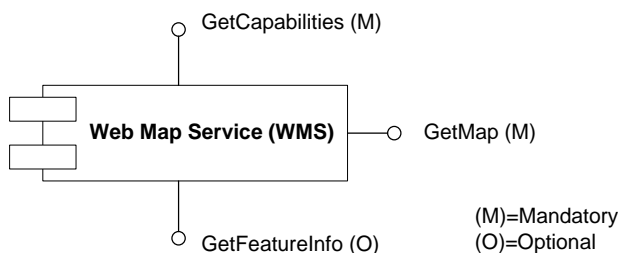


Abbildung 4.3: WMS-Operationen Version 1.3.0 (UML-Komponentendiagramm)

Ein WMS, der nur die Operationen GetCapabilities und GetMap unterstützt, wird als *Basis WMS* bezeichnet, wohingegen ein WMS, der alle drei Operationen unterstützt, als *Queryable WMS* bezeichnet wird (Open Geospatial Consortium, Inc. 2006b).

#### 4.6.6.1 WMS - GetCapabilities

Ein *GetCapabilities*-Request liefert ein XML-Dokument, das in die Bereiche Service und Capabilities unterteilt mit den Unterbereichen Request und Layer unterteilt ist. Ein *GetCapabilities*-Request liefert somit allgemeine Informationen zum Service, zu den zur Verfügung stehenden Operationen sowie zu den Daten und Datenformaten des Services. Die Tabelle 4.2 identifiziert und beschreibt die wesentlichen Parameter eines *GetCapabilities*-Request.

Tabelle 4.2: Parameter *GetCapabilities*-Request, Quelle: Open Geospatial Consortium, Inc. (2006b), verändert

Request Parameter	O/V	Beschreibung
VERSION=Version	O	Request Version;
SERVICE=WMS	V	Service Typ;
REQUEST=GetCapabilities	V	Request Name;
FORMAT=MIME_type	O	Ausgabeformat der Service Metadaten;
UPDATESEQUENCE=String	O	Updatesequenz für Cache-Kontrolle.
O=Optional, V=Verbindlich		

Die Tabelle C. 1 des Anhangs beinhaltet ein Beispiel eines *GetMap*-Requests.

#### 4.6.6.2 WMS - GetMap

Der *GetMap*-Request liefert eine dynamisch erzeugte Karte als statisches Bild zurück. Die Tabelle 4.3 identifiziert und beschreibt die wesentlichen Parameter eines *GetMap*-Requests.

Tabelle 4.3: Parameter *GetMap*-Request, Quelle: Open Geospatial Consortium, Inc. (2006b), verändert

Request Parameter	O/V	Beschreibung
VERSION=1.3.0	V	Request Version;
REQUEST=GetMap	V	Request Name;
LAYERS=layer_list	V	Komma-separierte Liste eines oder mehrerer Layers einer Karte;
STYLES=style_list	V	Komma-separierte Liste von Rendering Styles;
CRS=namespace:identifizier	V	Coordinate Reference System (CRS);



Request Parameter	O/V	Beschreibung
BBOX=minx,miny,maxx,maxy	V	Ecken der Bounding Box (links unten, rechts oben) in CRS Einheiten;
WIDTH=output_width	V	Breite eines Kartenbildes in Pixeln;
HEIGHT=output_height	V	Höhe eines Kartenbildes in Pixeln;
FORMAT=output_format	V	Ausgabeformat der Karte;
TRANSPARENT=TRUE FALSE	O	Hintergrund der Transparenz einer Karte (default=FALSE);
BGCOLOR=color_value	O	Hexadezimal Red-Green-Blue (RGB) Farbwerte für die Hintergrundfarbe (Default=0xFFFFFF);
EXCEPTIONS=exception_format	O	Format, in dem Fehler vom WMS übermittelt werden (default=XML);
TIME=time	O	Zeitwert des gewünschten Layers;
ELEVATION=elevation	O	Höhe des gewünschten Layers.

O=Optional, V=Verbindlich

Die Tabelle C. 1 des Anhangs beinhaltet ein Beispiel eines GetMap-Requests.

#### 4.6.6.3 WMS - GetFeatureInfo

Der *GetFeatureInfo*-Request ist eine optionale Operation und kann auf die Layer angewandt werden, die als abfragbar deklariert wurden und somit als Eintrag im durch die Operation *GetCapabilities* erzeugten XML-Dokument den Eintrag `<Layer queryable="1">` aufweisen. Die Operation ermöglicht es dem Client, Informationen über Features in der Karte abzufragen. Die Tabelle 4.4 identifiziert und beschreibt die wichtigsten Parameter der *GetFeatureInfo*-Operation.

**Tabelle 4.4: Parameter GetFeatureInfo-Request, Quelle: Open Geospatial Consortium, Inc. (2006b), verändert**

Request Parameter	O/V	Beschreibung
VERSION=1.3.0	V	Request Version;
REQUEST=GetFeatureInfo	V	Request Name;
QUERY_LAYERS=layer_list	V	Komma-separierte Liste eines oder mehrerer abzufragender Layers;
INFO_FORMAT=output_format	V	Rückgabeformat der Feature Informationen (MIME type);
FEATURE_COUNT=number	O	Anzahl der Features, zu denen Information zurückgegeben werden (default=1);
I=pixel_column	V	i Koordinate eines Features in Pixeln im Bildkoordinatensystem;
J=pixel_row	V	j Koordinate eines Features in Pixeln im Bildkoordinatensystem;
EXCEPTIONS=exception_format	O	Format, in dem Fehler vom WMS übermittelt werden (default=XML).

O=Optional, V=Verbindlich

Die Tabelle C. 1 des Anhangs beinhaltet ein Beispiel eines GetMap-Requests.

#### 4.6.7 SLD - Styled Layer Descriptor

Das *Styled Layer Descriptor* Profile ist ein den WMS erweiternder Zusatzstandard und ermöglicht die benutzerdefinierte Symbolisierung einer Karte. Die Anforderung der Anwender die Symbolisierung einer Karte clientseitig zu verändern, hat zur Entwicklung von SLD geführt. Der *Symbology Encoding Standard* (SE) bietet hierzu entsprechende Möglichkeiten und stellt eine Styling Sprache für die Ausgestaltung von Features und Coverages zur Verfügung, die sowohl Client als auch Server verstehen. SLD nutzt somit wiederum den SE. SE kann auch als eine Map-Styling-Sprache für die

Produktion georeferenzierter Karten mit benutzerdefiniertem Style bezeichnet werden (Open Geospatial Consortium, Inc. 2006c). SLD definiert darüber hinaus auch den standardisierten Zugriff auf Symbole der Legende (Open Geospatial Consortium, Inc. 2007c). Seit der Trennung der SLD-Spezifikation in die Spezifikationen Symbology Encoding (SE) und Styled Layer Descriptor (SLD) im Jahre 2007 beschreibt SLD nur noch das Protokoll, das einem WMS mitteilt, welche Darstellungsregel für einen Layer angewendet werden sollen (Open Geospatial Consortium, Inc. 2007c).

Bevor jedoch die Darstellung einer Karte auf der Basis von SE verändert werden kann, benötigt der Client Informationen über die Features und Coverages und deren Schema. Für die Ermittlung dieser Daten wird auf einen WFS bzw. einen WCS zurückgegriffen. SLD kann also nur dann angewandt werden, wenn ein WFS oder WCS genutzt werden kann. Besteht eine lose Koppelung zwischen den Servern, so handelt es sich um einen sogenannten *Komponenten Server*. In diesem Falle zeigt ein WMS die Features oder Coverages eines Servers an, auf den verwiesen wird. Ein Komponenten Server, der Features nutzt, wird auch als *Feature Portrayal Services* (FPS) bezeichnet, während ein Komponenten Server, der Coverages nutzt, als *Coverage Portrayal Services* (CPS) bezeichnet wird. Besteht eine enge Koppelung eines WMS mit einem WFS oder einem WCS und arbeiten diese Server in einer speziellen Konfiguration zusammen, so spricht man von einem *Integrierten WMS* (Open Geospatial Consortium, Inc. 2007c).

Für die Darstellung der Informationen werden grundsätzlich zwei Möglichkeiten unterschieden (Open Geospatial Consortium, Inc. 2007c):

- *Identische Darstellung aller Features eines Layers*: Es erfolgt z. B. die Darstellung aller Features eines Layers in einer Farbe. Dabei ist es nicht notwendig, über weitere Kenntnisse zu den Attributen der darzustellenden Features zu verfügen. Diese Anforderung wird durch das FeatureTypeStyle Element der SE erfüllt.
- *Darstellung von Features in Abhängigkeit von Attributen*: In diesem Fall ist es notwendig zu wissen, welche Attribute zur Verfügung stehen und gegebenenfalls für die Visualisierung verwendet werden können. SLD stellt eine Operation DescribeLayer für die Abfrage der FeatureTypes des in der Anfrage spezifizierten Layers eines WMS zur Verfügung. Attribute können mit der Operation DescribeFeatureType der WFS- oder DescribeCoverageType der WCS-Schnittstelle abgefragt werden.

Ein SLD-WMS stellt, wie in Abbildung 4.4 dargestellt, die Operationen *GetCapabilities* (vgl. Kap. 4.6.6.1) und *GetMap* (vgl. Kap. 4.6.6.2) sowie optional die Operationen *DescribeLayer* und *GetLegendGraphic* zur Verfügung.

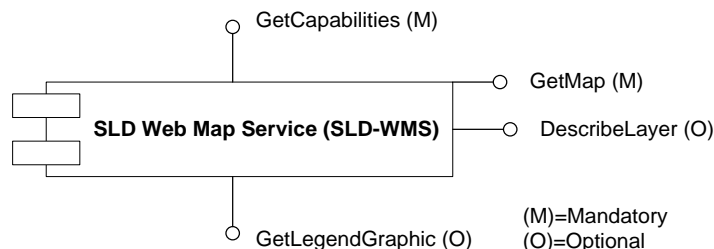


Abbildung 4.4: SLD-Operationen Version 1.1.0 (UML-Komponentendiagramm)

Die Tabelle 4.5 identifiziert und beschreibt die wichtigsten Parameter des DescribeLayer-Requests.

Tabelle 4.5: Parameter DescribeLayer-Request, Quelle: Open Geospatial Consortium, Inc. (2007c), verändert

Request Parameter	O/V	Beschreibung
SERVICE=WMS	V	Service Typ;
REQUEST=DescribeLayer	V	Request Name;
VERSION=1.3.0	V	Request Version;
LAYERS=layer_list	V	Komma-separierte Liste eines oder mehrerer abzufragender Layers;
SLD_version=1.1.0	V	Request SLD Version.
O=Optional, V=Verbindlich		

Die Tabelle C. 1 des Anhangs beinhaltet ein Beispiel eines DescribeLayer-Requests.

Dabei ist stets zu beachten, dass SLD eine optionale Funktionalität eines WMS ist und nicht generell von allen WMS unterstützt wird. Ein SLD wird im XML-Format gespeichert und mittels eines GetMap-Requests an einen Server gesendet. Dabei sind verschiedene Möglichkeiten zulässig (Open Geospatial Consortium, Inc. 2007c):

- Der Client interagiert mit dem WMS über den GetMap-Request, jedoch kann der Speicherort der SLD eine andere Ressource sein.
- Der Client nutzt die HTTP-GET Methode, schließt aber das SLD-XML-Dokument mit der GET-Request in ein SLD\_BODY CGI-Parameter ein.
- Der Client interagiert mit dem WMS mittels HTTP-POST. Dabei wird der GetMap-Request und SLD in XML encoded und in die Abfrage eingebettet.

Neben der GetMap-Operation steht darüber hinaus auch noch die *GetLegendGraphic* als optionale Operation zur Verfügung, deren Requests an dieser Stelle jedoch nicht näher erläutert werden. Sofern der Server SLD unterstützt, bietet SLD im Zusammenspiel mit SE eine Reihe von hilfreichen Möglichkeiten, das Aussehen einer Karte individuell

anzupassen. Inwieweit SLD die gewünschten Anforderungen bezüglich der Darstellung erfüllen kann, hängt von der Aufgabe und der Komplexität der geforderten Grafik ab. Darüber hinaus setzt SLD in vielen Fällen eine genauere Kenntnis des Datenbestandes voraus und es ist erforderlich, einen WFS oder WCS zu nutzen.

#### 4.6.8 WFS - Web Feature Service

Ein *Web Feature Service* (WFS) stellt auf der Basis räumlicher Abfragen Vektorinformationen zur Verfügung. Dabei nutzt ein WFS den OGC-Standard *Geographic Markup Language* (GML) (vgl. Kap. 4.6.1) und sendet objektstrukturierte Daten vom Server zum Client. Im Vergleich zum WMS kann der WFS also keine Rasterdaten verarbeiten, verfügt aber über die Möglichkeit, clientseitig Features zur Verfügung zu stellen. Beim WFS werden derzeit drei Stufen der Implementierung unterschieden. Neben dem *Basic WFS*, der ausschließlich lesend auf Features zugreifen kann, gibt es auch eine Spezifikation für einen *XLink WFS*, der alle Operationen eines Basic WFS plus der Möglichkeit, mit der *GetGmlObject* Operation auf Elemente innerhalb einer GML-Datei per XLink zuzugreifen zu können, beinhaltet und einen *Transaction WFS* (WFS-T), der neben den Basisfunktionalitäten auch das Erzeugen, Editieren und Löschen von Features zulässt (Open Geospatial Consortium, Inc. 2005b). Die aktuelle Version der WFS Implementation Specification ist die Version 1.1.0 vom 03.05.2005.

Die Bedingungen für einen Web Feature Service sind (Open Geospatial Consortium, Inc. 2005b):

- Die Schnittstellen müssen in XML definiert sein.
- Es muss GML für das Senden von Features innerhalb der Schnittstelle verwendet werden.
- Als Minimalanforderung muss ein WFS in der Lage sein, auf der Grundlage von GML Features zu präsentieren.
- Die Abfrage- oder Filtersprache wird in XML definiert und ist von der Common Query Language (CQL) abgeleitet.
- Die Datenquelle, die zur Speicherung der Geoinformationen verwendet wird, sollte für den Client nicht sichtbar sein. Der ausschließliche Zugriff auf die Daten erfolgt über die WFS-Schnittstelle.

- Es werden Untergruppen der XPath-Expressions für die Referenzierung auf weitere Eigenschaften eingesetzt.

Die Abbildung 4.5 zeigt schematisch den möglichen Aufbau eines WFS für die Bildanalyse.

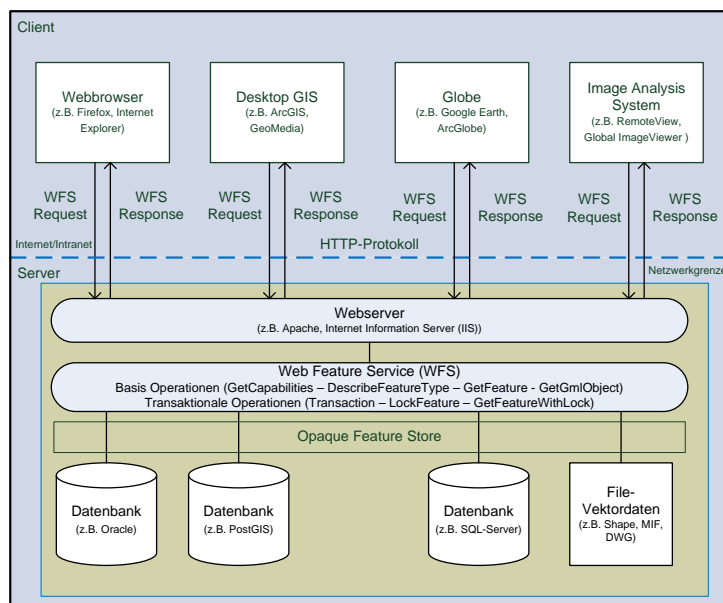


Abbildung 4.5 Schematischer Aufbau Web Feature Service

In diesem Szenario stellt ein Webbrowser eher eine Möglichkeit dar, Daten für die Weiterverarbeitung in anderen Systemen herunterzuladen, da z. B. GML-Daten in einem Browser ohne den Einsatz von zusätzlichen Plug-ins nicht dargestellt werden können.

Die Basisversion eines WFS stellt die folgenden Operationen zur Verfügung:

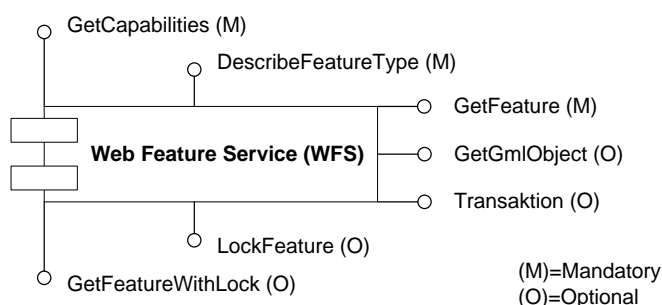
- *GetCapabilities*,
- *DescribeFeatureType*,
- *GetFeature*,
- *GetGmlObject* (optional).

Darüber hinaus bietet ein *transaktionaler WFS* (WFS-T) einen schreibenden Zugriff auf Datenquellen und stellt als Erweiterung der Basis WFS-Implementierung die folgenden Operationen zur Verfügung:

- *Transaction* (optional),
- *LockFeature* (optional),

- *GetFeatureWithLock (optional).*

Die Abbildung 4.6 zeigt die durch einen WFS ausführbaren Operationen.



**Abbildung 4.6: WFS-Operationen Version 1.1.0 (UML-Komponentendiagramm)**

Anders als beim Web Map Service, bei dem als Ergebnis des GetMap-Requests ein Kartenbild zurückgeben wird, liefert der WFS Features im GML-Format. Für die Weiterverarbeitung dieser Features ist ein WFS-Client erforderlich, der den Inhalt der GML-Daten in XML interpretieren kann. WFS bietet dem Anwender im Gegensatz zum WMS eine höhere Flexibilität beim Erfassen, Editieren, Analysieren und Visualisieren von Geodaten auf dem Client.

#### 4.6.8.1 WFS - allgemeine Request-Parameter

Ein WFS stellt die folgenden in Tabelle 4.6 aufgeführten allgemeinen Parameter für einen Request zur Verfügung:

**Tabelle 4.6: Parameter WFS-Request, Quelle: Open Geospatial Consortium, Inc. (2005b), verändert**

Request Parameter	O/V	Beschreibung
http://server_address/path/script	V	URL Aufruf eines Web Feature Service;
VERSION=1.1.0 <sup>1</sup>	V	Request version;
SERVICE=WFS	V	Service Typ;
REQUEST=	V	Request Name;
NAMESPACE=	O	Spezifizierung eines Namensraumes und Präfixes;
O=Optional, V=Verbindlich; <sup>1</sup> VERSION ist verbindlich für alle Operationen außer der GetCapabilities Operation.		

#### 4.6.8.2 WFS - GetCapabilities

Der *GetCapabilities*-Request liefert eine Beschreibung des Dienstes und der zur Verfügung stehenden Featureklassen als XML-Datei zurück. Die Tabelle 4.7 identifiziert und beschreibt die wesentliche GetCapabilities Operationen für WFS.

**Tabelle 4.7: Parameter GetCapabilities-Request, Quelle: Open Geospatial Consortium, Inc. (2005b), verändert**

Request Parameter	O/V	Beschreibung
REQUEST=GetCapabilities	V	Request Name.
O=Optional, V=Verbindlich		

Die Tabelle C. 2 des Anhangs beinhaltet ein Beispiel eines GetCapabilities-Requests.

### 4.6.8.3 WFS - DescribeFeatureType

Der Request *DescribeFeatureType* liefert eine Beschreibung der Struktur der Features als XML-Datei zurück. Die Tabelle 4.8 identifiziert und beschreibt die wesentlichen DescribeFeatureType Operationen für WFS.

**Tabelle 4.8: Parameter DescribeFeatureType-Request, Quelle: Open Geospatial Consortium, Inc. (2005b), verändert**

Request Parameter	O/V	Beschreibung
VERSION=1.1.0	V	Request Version;
REQUEST=DescribeFeatureType	V	Request Name;
TYPENAME=	O	Komma-separierte Liste der Feature Types
OUTPUTFORMAT= (default=text/xml; subtype=gml/3.1.1)	O	Ausgabeformat für die Beschreibung der Feature Types
O=Optional, V=Verbindlich		

Die Tabelle C. 2 des Anhangs beinhaltet ein Beispiel eines GetCapabilities-Requests.

### 4.6.8.4 WFS - GetFeature und GetFeatureWithLock

Der Request *GetFeature* fordert ein Feature vom Server an und sendet die Information als GML-Datei an den Client zurück. Der Request *GetFeatureWithLock* ermöglicht das Abfragen von Features, die gegen Veränderung gesperrt worden sind. Die Tabelle 4.9 identifiziert und beschreibt die wesentlichen GetFeature- und GetFeatureWithLock-Operationen für WFS.

**Tabelle 4.9: Parameter GetFeature- & GetFeatureWithLock-Request, Quelle: Open Geospatial Consortium, Inc. (2005b), verändert**

Request Parameter	O/V	Beschreibung
VERSION=1.1.0	V	Request Version;
REQUEST= [GetFeature   GetFeatureWithLock]	V	Request Name;
TYPENAME=	O	Komma-separierte Liste von zu beschreibenden Feature Types;
OUTPUTFORMAT= (default=text/xml; subtype=gml/3.1.1)	O	Ausgabeformat Request;
RESULTTYPE= (Default=results)	O	Gibt an, ob ein WFS ein komplettes oder leeres Dokument der Antwort zurückgibt;
PROPERTYNAME=	O	Liste von Eigenschaften eines Feature Types;
FEATUREVERSION= [ALL   N]	O	FEATUREVERSION Parameter teilt dem WFS mit, welche Feature Version abgerufen werden sollen;
MAXFEATURES=N	O	Maximale Anzahl der Features für die Rückgabe;
EXPIRY=N	O	Zeit, die die Features, die in der Ergebnisabfrage enthalten sind, gesperrt sind;
SRSNAME=	O	Spatial Reference System (SRS), das für die Rückgabe der Feature Geometrien verwendet werden soll;
TYPENAME (Optional if FEATUREID is specified.)	V	Liste der Namen der abzufragenden Feature Types;
FEATUREID= (Mutually exclusive with FILTER)	O	Eine Aufzählungsliste von Featureinstanzen, die abgerufen und anhand der Feature-ID identifiziert werden sollen;

Request Parameter	O/V	Beschreibung
and BBOX)		
FILTER= (Prerequisite: TYPENAME) (Mutually exclusive with FEATUREID and BBOX)	O	Eine Filter Spezifikation beschreibt eine Anzahl von Features, die für die Operationen verwendet werden;
BBOX= (Prerequisite: TYPENAME) (Mutually exclusive with FEATUREID and FILTER.)	O	Anstatt einer FEATUREID oder eines FILTER kann auch eine Bounding Box festgelegt werden;
SORTBY=	O	Spezifiziert eine Liste der Namen von Eigenschaften, deren Werte für eine Sortierung verwendet werden;
O=Optional, V=Verbindlich		

Neben den in Tabelle 4.9 aufgeführten GetFeature-Requests gibt es noch erweiterte optionale GetFeature Encodings für WFS, die an dieser Stelle jedoch nicht näher erläutert werden.

Die Tabelle C. 2 des Anhangs beinhaltet ein Beispiel eines GetFeature-Requests.

#### 4.6.8.5 WFS - GetGmlObject

Der Request *GetGmlObject* ermöglicht es, einzelne Elementinstanzen aus einer GML-Datei per XLink zu erhalten. Die Tabelle 4.10 identifiziert und beschreibt die wesentlichen GetGmlObject-Operationen für WFS.

**Tabelle 4.10: Parameter GetGmlObject-Request, Quelle: Open Geospatial Consortium, Inc. (2005b), verändert**

Request Parameter	O/V	Beschreibung
VERSION=1.1.0	V	Request Version;
REQUEST=GetGmlObject	V	Request Name;
TRAVERSEXLINKDEPTH	V	Tiefe verschachtelter XLinks;
TRAVERSEXLINKEXPIRY	O	Anzahl der Minuten, die ein WFS auf das Ergebnis eines verschachtelten GetGmlObject-Requests warten soll;
GMLOBJECTID	V	XML ID des Elements, das abgerufen werden soll.
O=Optional, V=Verbindlich		

#### 4.6.8.6 WFS - LockFeature

Der Request *LockFeature* ermöglicht das Sperren auf einer oder mehrerer Instanzen von Featuretypes, um z. B. eine Transaktion durchführen zu können. Die Tabelle 4.11 identifiziert und beschreibt die LockFeature Operation für WFS.

**Tabelle 4.11: Parameter LockFeature-Request, Quelle: Open Geospatial Consortium, Inc. (2005b), verändert**

Request Parameter	O/V	Beschreibung
VERSION=1.1.0	V	Request Version;
REQUEST=LockFeature	V	Request Name;
TYPENAME (Optional if FEATUREID is specified.)	V	Name eines oder mehrerer Feature Typen, dessen Feature Instanzen gesperrt werden sollen;
EXPIRY=	O	Anzahl der Minuten, für die die Sperrung andauern soll;
LOCKACTION= [ALL   SOME]	O	Parameter ALL versucht alle Features zu sperren, andernfalls schlägt die Operation fehl;
FEATUREID	O	Eine Aufzählungsliste von Featureinstanzen Ids, die angibt,



Request Parameter	O/V	Beschreibung
(Mutually exclusive with FILTER and BBOX.)		welche Featureinstanzen gesperrt werden sollen;
FILTER (Prerequisite: TYPENAME) (Mutually exclusive with FEATUREID and BBOX.)	O	XML-codierte Zeichenfolge, die angibt, welche Features für Operationen verwendet werden sollen;
BBOX (Prerequisite: TYPENAME) (Mutually exclusive with FEATUREID and FILTER.)	O	Anstatt einer FEATUREID oder eines FILTER kann auch eine Bounding Box festgelegt werden;
O=Optional, V=Verbindlich		

#### 4.6.8.7 WFS - Transaction

Der Request *LockFeature* ermöglicht das Sperren auf einer oder mehrerer Instanzen von FeatureTypes, um z. B. eine Transaktion durchführen zu können. Die Tabelle 4.12 identifiziert und beschreibt die möglichen Transaction-Operationen für WFS.

Tabelle 4.12: Parameter Transaction-Request, Quelle: Open Geospatial Consortium, Inc. (2005b), verändert

Request Parameter	O/V	Beschreibung
REQUEST=Transaction	V	Request Name;
OPERATION=Delete	V	Ausführbare Transaction Operation, wobei gegenwärtig nur Löschen definiert ist;
TYPENAME (Optional if FEATUREID is specified.)	O	Liste von Feature Typen, die für die Operation verwendet werden;
RELEASEACTION=[ALL SOME]	O	ALL bedeutet, dass alle Features freigegeben werden sollen, wenn eine Transaktion beendet ist, SOME bedeutet, dass nur die Features, die bearbeitet wurden, freigegeben werden sollen. Die verbleibenden Sperrungen bleiben bestehen.
FEATUREID (Mutually exclusive with FILTER and BBOX)	O	Liste von FeatureIDs, auf die sich die spezifischen Operationen beziehen sollen. Diese Operation ist optional und gibt keinen Default-Wert vor.
FILTER (Prerequisite: TYPENAME) (Mutually exclusive with FEATUREID and BBOX)	O	Filterspezifikation beschreibt eine Menge von Features, auf der die Operationen ausgeführt werden sollen. Das Format eines solchen Filters ist in der Filter Encoding Specification (vgl. Kap. 4.6.9) beschrieben. Wird der Filter Parameter angewandt, dann muss für jeden Feature Typen, der in beim Typenname Parameter angegeben wurde, ein Filter spezifiziert werden.
BBOX (Prerequisite: TYPENAME) (Mutually exclusive with FEATUREID and FILTER.)	O	Anstatt einer FEATUREID oder eines FILTER kann auch eine Bounding Box festgelegt werden;
O=Optional, V=Verbindlich		

#### 4.6.9 FES - Filter Encoding Standard

Der OpenGIS *Filter Encoding Standard* (FES) ist eine XML-basierte Sprache auf der Basis der OGC *Common Query Language* und ermöglicht systemneutrale Abfragen. Auf der Basis des Filter Encoding Standards ist es möglich, räumliche Filter und Attributfilter auf einen Datenbestand anzuwenden. FES wird von verschiedenen OGC Web Services eingesetzt (Open Geospatial Consortium, Inc. 2005a). Die aktuelle Version der Filter Encoding Implementation Specification vom 23.05.2005 liegt in der Version 1.1.0 vor.

Die Spezifikation setzt voraus, dass allgemeine Objekte aus einfachen, komplexen oder aggregierten nicht-geometrischen Eigenschaften bestehen. Die Eigenschaften eines Objekts werden in XML-Elementen, geschachtelten XML-Elementen, wenn es sich um komplexere Objekte handelt, oder XML-Attributen, bei denen der Name des Elements oder Attributs der Name der Eigenschaft ist, abgebildet (Open Geospatial Consortium, Inc. 2005a).

Der Filter Encoding Standard stellt die folgenden Operatoren zur Verfügung (Open Geospatial Consortium, Inc. 2005a):

- *Filter*: Ein Filter ist definiert als jeder gültige Ausdruck, der auf der Basis der Elemente der Filter Encoding Spezifikation gebildet werden kann.
- *Räumliche Operatoren*: Ein räumlicher Operator bestimmt, ob die geometrischen Argumente die festgesetzte räumliche Bedingung erfüllen oder nicht. Das Ergebnis der Operation ist TRUE, wenn die Bedingung erfüllt ist oder FALSE, wenn die Bedingung nicht erfüllt ist.
- *Vergleichsoperatoren*: Vergleichs- oder auch boolesche Operatoren ermöglichen den mathematischen Vergleich zwischen zwei Argumenten. Ist das Ergebnis des Vergleichs zutreffend, dann ist das Ergebnis der Operation TRUE. Andernfalls ist das Ergebnis der Operation FALSE.
- *Logische Operatoren*: Ein logischer Operator kann eingesetzt werden, um Bedingungen zu kombinieren. Als logische Operatoren sind AND, OR und NOT möglich.
- *Objektbezeichner*: Ein Objektbezeichner hat die Absicht, einen eindeutigen Bezeichner für eine Objektinstanz des Web Services, der das Objekt zur Verfügung stellt, festzulegen.
- *Ausdrücke*: Ein Ausdruck ist eine Kombination aus einem oder mehreren Zeichen, deren Auswertung TRUE oder FALSE zurückgibt. Die Ausdrücke <Add>, <Sub>, <Mul>, <Div>, <PropertyName>, <Literal> and <Function> stehen dabei zur Verfügung.
- *Arithmetischen Operationen*: Die arithmetischen Operationen stellen die grundlegenden arithmetischen Operationen der Addition, Subtraktion, Multiplikation und Division zur Verfügung. Die Ausdrücke <Add>, <Sub>, <Mul>, <Div> können verwendet werden.

- *Literals*: Ein Literal-Wert ist ein Teil einer Anweisung oder eines Ausdrucks, der genauso genutzt wird, wie in der Anweisung oder im Ausdruck spezifiziert, vielmehr wie als Variable oder anderes Element.
- *Funktionen*: Eine Funktion ist eine benannte Prozedur, die eine gesonderte Berechnung ausführt.
- *Filter Eigenschaften*: Das `filterCapabilities.xsd` Schema definiert eine Capabilities Document Section, die die Capabilities Document Section von Services instanziiert, die Filter Encoding benutzen.

#### 4.6.10 WCS - Web Coverage Service

Ein *Web Coverage Service* (WCS) unterstützt die elektronische Bereitstellung von räumlichen Daten als Coverages. Dabei handelt es sich um digitale räumliche Informationen, die raumbezogene Phänomene darstellen (Open Geospatial Consortium, Inc. 2008d). Der Begriff Coverages ist dabei recht allgemein gefasst. Laut Open Geospatial Consortium, Inc. (2008d) bezieht sich der Begriff Grid Coverages in der Regel jedoch auf Satelliten-, Luftbilder, Höhendaten und andere Phänomene, die durch Werte eines jeden gemessenen Punktes repräsentiert werden. Ein WCS erlaubt (vgl. Baumann 2007; 2008; Open Geospatial Consortium, Inc. 2008d):

- räumliche und zeitliche Abschnittsbildung,
- Selektion von Kanälen und Bändern,
- Werteextraktion,
- Skalierung,
- Reprojizierung,
- Codierung der Ergebnisse in ein wählbares Format.

Weiterführende Details zur Definition von Coverages finden sich auch in der Norm ISO 19123 (ISO 19123:2005 Geographic information - Schema for coverage geometry and function).

Ein WCS ermöglicht somit den Zugriff auf detaillierte umfangreiche räumliche Informationen und zwar in einer Form, die sich für das clientseitige Rendern multidimensionaler Rasterdaten eignet (Open Geospatial Consortium, Inc. 2008d). Damit kann ein WCS auch auf sehr große Rasterdaten bzw. Rasterarchive zugreifen. Die grundsätzliche Arbeitsweise eines WCS kann durchaus mit der eines WMS oder eines WFS verglichen werden. Ähnlich wie diese OWS erlaubt auch der WCS dem

Client, Teile der auf dem Server zur Verfügung gestellten Informationen auf der Basis einer räumlichen Abfrage oder der Abfrage anderer Kriterien zu nutzen.

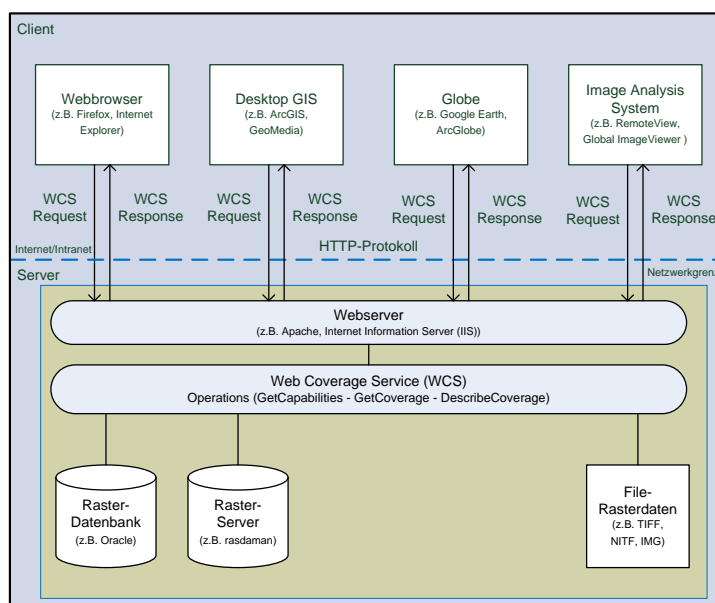
Anders als bei einem WMS, der als Ergebnis der Anfrage nur eine statische Karte zurückgibt, stellt der WCS die verfügbaren Daten einschließlich der Semantik der Originaldaten bereit. Die Daten können somit problemlos in anderen Softwareprodukten weiterverarbeitet werden. Darüber hinaus stellt WCPS (vgl. Kap.4.6.11) in Form einer Raster-Anfragesprache die Möglichkeit zur Verfügung, ad hoc Anfragen an einen WCS stellen zu können. Abweichend zu anderen OWS berücksichtigt die WCS Spezifikation auch die Dimension Zeit. Die aktuelle Version der WCS Implementation Specification ist die Version 1.1.2 vom 19.03.2008.

Ein WCS stellt die drei Operationen

- *GetCapabilities*,
- *DescribeCoverage*,
- *GetCoverage*

zur Verfügung.

Die Abbildung 4.7 zeigt schematisch den möglichen Aufbau eines WCS für die Bildanalyse.



**Abbildung 4.7:** Schematischer Aufbau Web Coverage Service

Auch in diesem Falle ist der Zugriff über einen Webbrowser eher als Möglichkeit zu sehen, Daten von einer Ressource herunterzuladen, obwohl mittels eines *GetCoverage*-

Requests auch Formate erstellt werden können, die direkt im Browser geladen werden können.

Die Abbildung 4.8 zeigt die WCS-Operationen als UML-Komponentendiagramm.

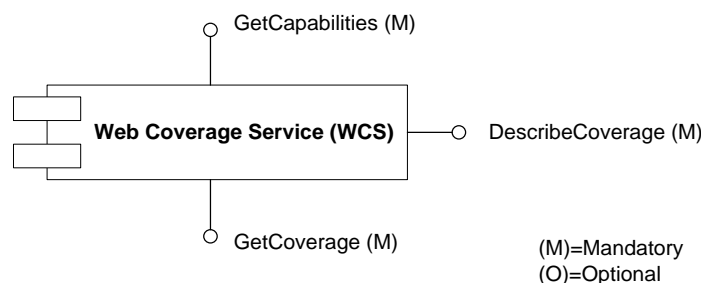


Abbildung 4.8: WCS-Operationen Version 1.1.2 (UML Komponentendiagramm)

#### 4.6.10.1 WCS - GetCapabilities

Analog zu den anderen OWS liefert die *GetCapabilities* Operation ein XML-Dokument mit den Metadaten des Dienstes und der zur Verfügung stehenden Coverages zurück. Die Tabelle 4.13 identifiziert und beschreibt die zur Verfügung stehenden Parameter des GetCapabilities-Requests für einen WCS.

Tabelle 4.13: Parameter GetCapabilities-Request, Quelle: Open Geospatial Consortium, Inc. (2007a), verändert

Request Parameter	O/V	Beschreibung
SERVICE=WCS	V	Service Typ;
REQUEST=GetCapabilities	V	Request Name;
ACCEPTVERSIONS=1.0.0,0.8.3	O	Komma-separierte priorisierte Folge von einer oder mehreren spezifizierten Versionen, die vom Client akzeptiert werden;
SECTIONS=Contents	O	Komma-separierte ungeordnete Liste von keinem oder mehreren Namen von Sektionen von Service Metadaten Dokumenten, die in einem Service Metadaten Dokument zurückgegeben werden;
UPDATESEQUENCE=XXX (where XXX is character string previously provided by server)	O	Version des Metadaten-Dokuments des Services, dessen Wert erweitert wird, sobald irgendeine Änderung vorgenommen wurde;
ACCEPTFORMATS=text/xml	O	Komma-separierte priorisierte Sequenz keines oder mehrerer Rückgabeformate, mit dem bevorzugten Format an der ersten Stelle
O=Optional, V=Verbindlich		

Die Tabelle C. 3 des Anhangs beinhaltet ein Beispiel eines GetCapabilities-Requests.

#### 4.6.10.2 WCS - DescribeCoverage

Der Request *DescribeCoverage* liefert eine volle Beschreibung eines oder mehrerer Coverages als XML-Datei zurück. Die Tabelle 4.14 identifiziert und beschreibt die Parameter der DescribeCoverage-Operation.

**Tabelle 4.14: Parameter DescribeCoverage-Request, Quelle: Open Geospatial Consortium, Inc. (2008d), verändert**

Request Parameter	O/V	Beschreibung
SERVICE=WCS	V	Service Typ;
REQUEST=DescribeCoverage	V	Request Name;
VERSION=1.1.2	V	Request Version;
IDENTIFIERS=identifizier1, identifizier2, ...	V	Komma-separierte Liste von Coverages Identifiers, die beschrieben werden sollen (identifiziert werden die Coverages durch den Identifier-Wert des Coverages im GetCapabilities Dokuments).
O=Optional, V=Verbindlich		

Die Tabelle C. 3 des Anhangs beinhaltet ein Beispiel eines DescribeCoverage-Requests.

### 4.6.10.3 WCS - GetCoverage

Die Operation *GetCoverage* gibt auf der Basis einer Abfrage ein Coverage in einem in der Anfrage spezifizierten Format zurück. Die Tabelle 4.15 identifiziert und beschreibt die wesentlichen Parameter eines GetCoverage-Requests.

**Tabelle 4.15: Parameter GetCoverage-Request, Quelle: Open Geospatial Consortium, Inc. (2008d), verändert**

Request Parameter	O/V	Beschreibung
Service=WCS	V	Service Name;
Version=1.1.2	V	Request Version;
Request=GetCoverage	V	Request Name;
Identifier=identifizier	V	Eindeutiger Identifier eines verfügbaren Coverage;
BoundingBox=	V	Request eines durch eine Bounding BOX definierten Ausschnittes eines Coverage;
TimeSequence=	O	Request eines Ausschnittes in Übereinstimmung mit der angegebenen Zeit oder eines Zeitintervalls;
RangeSubset=	O	Request bezieht sich nur auf einige Felder oder Ausschnitte einiger Felder;
Format=image/netcdf	V	Spezifiziert das Ausgabeformat für Coverages;
Store=true	O	Spezifiziert durch einen booleschen Wert, ob das Coverage nicht direkt an den Client zurückgegeben sondern auf einer Netzwerk Ressource (URL) gespeichert werden soll;
GridBaseCRS=	O	Verweist auf GridBaseCRS des gewünschten Ausgabe-GridCRS;
GridType=	O	Verweist auf Grid Typen des gewünschten Ausgabe-GridCRS;
GridCS=	O	Verweist auf Koordinatensysteme des gewünschten GridCRS für die Ausgabe;
GridOrigin=	O	Ursprungskoordinate in einem GridBaseCRS der gewünschten GridCRS für die Ausgabe;
GridOffsets=	O	Definiert den Offset zwischen eng beieinanderliegenden Grid-Punkten in einem GridBaseCRS des gewünschten GridCRS für die Ausgabe;
O=Optional, V=Verbindlich		

Die Tabelle C. 3 des Anhangs beinhaltet ein Beispiel eines GetCoverage-Requests.

Beim dem hier vorgestellten WCS 1.1.2 handelt es sich um einen neuen Standard aus dem Jahr 2008. Die Implementierung dieses Standards ist bei vielen Softwareprodukten (vgl. Kap. 6.2) noch nicht vollzogen worden, sodass die Mehrzahl der Produkte den WCS 1.1.2 Standard noch nicht unterstützen. Die Unterschiede zwischen den Standards sind zum Teil erheblich (vgl. Open Geospatial Consortium, Inc. 2003b; Open Geospatial Consortium, Inc. 2008d). Entwicklungen, wie z. B. der gerade erst verabschiedete WCPS, basieren auf WCS 1.1.2.

### 4.6.11 WCPS - Web Coverage Processing Service

Der *Web Coverage Processing Service* ist ein neuer OGC-Standard und definiert eine Anfragesprache für Raster (Open Geospatial Consortium, Inc. 2009c). Mittels dieser Anfragesprache kann eine Anwendung unbeschränkt komplexe Anfragen auf multi-dimensionalen Sensor-, Bild- und Statistikdaten formulieren. WCPS erlaubt Requests, die nicht vorgefertigt sein müssen und somit eine ad hoc Interpretation von Rasteranfragen (Baumann 2008). WCPS verbindet den Web Coverage Service und den Web Processing Service und erweitert den WCS um die Operation *ProcessCoverages*. Das Ergebnis der Operation liefert in Abhängigkeit vom Ergebnistyp bearbeitete Coverages oder skalare Werte (Open Geospatial Consortium, Inc. 2009c).

Der WCPS bietet darüber hinaus eine Reihe von Operationen für Statistik und Bildverarbeitung, die die serverseitige Bearbeitung von Coverages ermöglichen. Die wichtigsten Operationen stellen die Bildung von Ausschnitten, die zellweise Verarbeitung von Coverages, die Summation über Coverages und die Suche über Mengen von Coverages dar. WCPS unterstützt die automatische Orchestrierung und Optimierung und eignet sich ebenfalls gut für explizite Berechnungsaufgaben (Baumann 2008). Der nicht als Endbenutzerschnittstelle, sondern als programmiertechnisch einfach zu handhabende Schnittstelle für die Implementierung in grafisch-interaktiver Clients konzipierte WCPS ermöglicht im Gegensatz zum WPS die automatische Lastverteilung bzw. Verkettung von Services, das sogenannte Service Chaining (Baumann 2007).

### 4.6.12 WPS - Web Processing Service

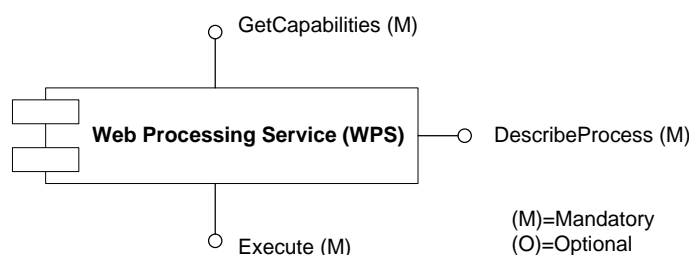
Ziel des *Web Processing Service* ist es, Verarbeitungsdienste zur Verfügung zu stellen. Dies können Prozesse mit Raumbezug oder vereinfacht dargestellt GIS- und Analysefunktionalitäten sein, die dann im Weiteren wiederum von Clients genutzt und eingebunden werden können. Der Begriff Prozesse beinhaltet dabei alle Algorithmen, Kalkulationen oder Modelle, die auf räumlichen Daten basieren (Open Geospatial Consortium, Inc. 2007d). Damit können einer Vielzahl von Anwendern in einem Netzwerk GIS-Funktionalitäten zur Verfügung gestellt werden. Gerade vor dem Hintergrund, dass heute Geodateninfrastrukturen geschlossene konventionelle Geoinformationssysteme ablösen (Bernard, Cromptvoets & Fitzke 2005), ist die

Nutzung von WPS ein weiterer Schritt, Geoinformationen und Technologien organisations- und sogar Disziplin übergreifend zur Verfügung zu stellen.

Ein WPS kann darüber hinaus dazu genutzt werden, z. B. Systemen, die nur über eingeschränkte GIS- und Analysefunktionalitäten verfügen, diese Funktionalitäten bereitzustellen. Darüber hinaus bietet ein WPS auch die Möglichkeit, auf voreingestellte Berechnungen und/oder die Berechnung von Modellen auf der Basis räumlicher Daten zuzugreifen (Open Geospatial Consortium, Inc. 2007d). Ein WPS kann somit ein sehr mächtiges Werkzeug zur Lösung räumlicher Fragestellungen sein. Die Web Processing Service Implementation Specification steht in der Version 1.0.0 vom 08.06.2007 zur Verfügung.

Darüber hinaus ist ein WPS als einer der wenigen OWS SOAP und WSDL kompatibel. Für die Nutzung dieser Standards existieren somit entsprechende Definitionen. SOAP kann z. B. genutzt werden, um WPS Anfragen und Antworten zu packen. WSDL bietet eine weniger umfassende, dafür aber bereits genutzte und akzeptierte Alternative für die Veröffentlichungsmechanismen der Spezifikation der WPS-Schnittstelle (Open Geospatial Consortium, Inc. 2007d).

Grundsätzlich stehen für einen WPS die drei Operationen *GetCapabilities*, *DescribeProcess* und *Execute* (vgl. Abbildung 4.9) zur Verfügung.



**Abbildung 4.9: WPS-Operationen Version 1.0.0 (UML-Komponentendiagramm)**

Ein WPS beschreibt nicht nur die Service-Schnittstelle in der Form von Anfragen/Antworten, sondern (Open Geospatial Consortium, Inc. 2007d):

- codiert Anfragen für die Ausführung von Prozessen,
- codiert Antworten der Ausführung eines Prozesses,
- integriert Daten und Metadaten in die Prozessausführung (Inputs/Outputs),
- verweist auf durch das Web zugängliche Daten (Inputs/Outputs),



- unterstützt Langzeitprozesse und gibt Statusinformationen eines Prozesses zurück,
- gibt Fehlermeldungen eines Prozesses zurück,
- fordert Speicher für Prozessausgaben an.

Eingabedaten können direkt in die Execute-Operation eingebunden oder in einer durch das Web zugänglichen Ressource gespeichert werden. Dabei agiert der WPS einerseits als eigenständiger Service bzw. als Middleware-Service für Daten, indem Daten von einer externen Quelle für die lokale Bearbeitung genutzt werden. Ein WPS eignet sich somit auch dafür, bestehende Softwareschnittstellen zu wrappen und einem Netzwerk als Web Service zur Verfügung zu stellen. Die Implementierung eines WPS kann somit auch als Middleware für weitere Softwareprodukte eingesetzt werden (Open Geospatial Consortium, Inc. 2007d).

#### **4.6.12.1 WPS - GetCapabilities**

Die GetCapabilities Operation erlaubt die Abfrage der Metadaten des Services durch den Client. Das vom Server an den Client gesendete XML-Dokument beinhaltet die Metainformationen des Servers und alle durch den Server unterstützten Prozesse (Open Geospatial Consortium, Inc. 2007d).

#### **4.6.12.2 WPS - DescribeProcess**

Die *DescribeProcess* Operation ermöglicht dem Client die Abfrage der detaillierten Beschreibung eines Prozesses, der auf der Serverinstanz ausgeführt werden kann. Dazu gehört die Beschreibung der notwendigen Eingaben, der erlaubten Formate und der Ausgaben, die erzeugt werden (Open Geospatial Consortium, Inc. 2007d).

#### **4.6.12.3 WPS - Execute**

Die Execute-Operation ermöglicht es dem Client, einen bestimmten Prozess durch einen Server auszuführen. Dabei werden die Input-Parameterwerte an den Server übermittelt, der dann wiederum eine Ausgabe an den Client zurücksendet. Dabei kann die Ausgabe z. B. als XML-Dokument übermittelt oder auf einen für den Client zugänglichen Server gespeichert werden (Open Geospatial Consortium, Inc. 2007d).

### 4.6.13 CSW - Catalogue Service

Der *Catalogue Service Web* wird an dieser Stelle nur kurz der Vollständigkeit halber mit aufgeführt, da dieser Service im Rahmen dieser Arbeit nicht detaillierter betrachtet wird. Auf der Basis eines CSW kann ein Anwender innerhalb einer Geodateninfrastruktur nach Geodaten und Geodiensten suchen. Möglich ist das, weil Metadaten im CSW angegeben werden, um diese Daten für die Suche verwenden zu können. Typischerweise beinhalten Metadaten Informationen über die Lage, die Auflösung, den Maßstab der Erfassung, die Qualität und Aktualität sowie den Anbieter der Daten und die möglichen Zugriffsmöglichkeiten. Metainformationssysteme ermöglichen die Erfassung, Speicherung, Analyse und Präsentation von Metadaten (Koordinierungsstelle GDI-DE 2007). CSW stellt primär eine Lösung für die Arbeit mit Metainformationen dar.

### 4.6.14 WS-Common - Web Service Common

Der OGC *Web Service Common* (WS-Common) Interface Standard spezifiziert die Parameter und Datenstruktur, die für alle OGC Web Service Implementation Specifications identisch sind bzw. identisch sein sollen (Open Geospatial Consortium, Inc. 2007a). Dazu zählen z. B. Elemente wie die Bounding Box, die Handhabung von Exeptions und URL-Anfragen an den Server. Die Common Implementation Specifications des OGC Web Service Common behandelt gegenwärtig (Open Geospatial Consortium, Inc. 2007a):

- Request- und Response-Operationen,
- Parameter und Datenstruktur, die in Request und Response Operationen enthalten sind,
- XML und KVP-Encoding von Request- und Response-Operationen.

## 4.7 Eigenschaften und Klassifikation der OGC Web Services

Die beschriebenen OWS erfüllen unterschiedliche Aufgaben und sind für unterschiedliche Ziele konzipiert worden. So ist je nach Aufgabenstellung zu entscheiden, welcher OWS die jeweilige Anforderung abdeckt. Die Abbildung 4.10 zeigt die Einordnung Raster-relevanter OGC-Standards.

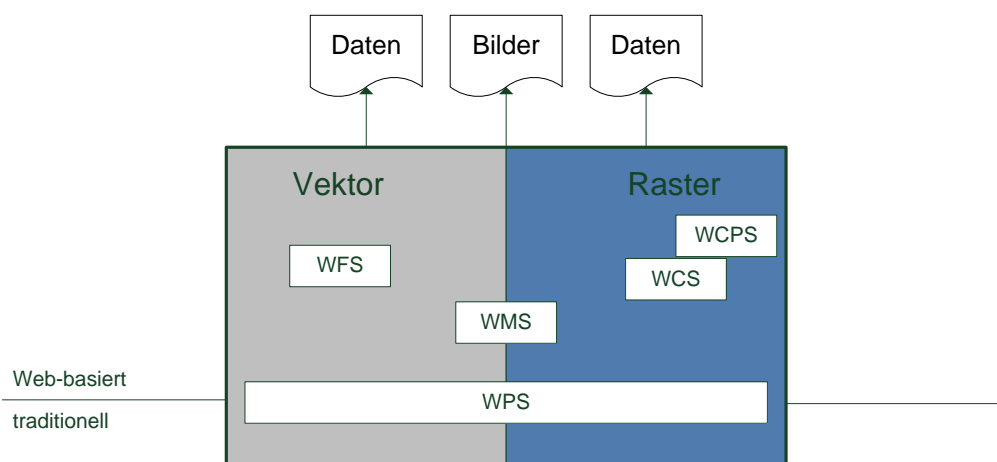


Abbildung 4.10: Einordnung Raster-relevanter OGC-Standards, Quelle (Baumann 2007)

Es ist erkennbar, dass sich bestimmte Aufgaben nur durch die Kombination von OWS lösen lassen. Diese Frage wird in Kapitel 5 detailliert behandelt, sodass an dieser Stelle keine Gegenüberstellung der Kombinationsmöglichkeiten der OWS erfolgt. Die Tabelle 4.16 versucht, die OWS entsprechend ihrer Eigenschaften zu klassifizieren.

Tabelle 4.16: Eigenschaften und Klassifikation von OWS

OWS	WMS (1.3.0)	WFS (1.1.0)	WCS (1.1.2)	WCPS (1.0.0)	WPS (1.0.0)
<b>Daten</b>					
Rasterdaten	X	-	X	X	X <sup>3</sup>
Vektordaten	X	X	-	-	X <sup>3</sup>
Metadaten	X	X	X	X	X <sup>3</sup>
<b>Symbolisierung</b>					
Styles	X <sup>1</sup>	X <sup>1</sup>	X <sup>1</sup>	-	-
<b>Änderungen</b>					
Transaktionen	-	X <sup>2</sup>	X <sup>4</sup>	-	X <sup>3</sup>
<b>Funktionalitäten</b>					
Berechnungen	-	-	-	X	X
Image Processing	-	-	-	X	X
Geo Processing	-	X <sup>5</sup>	-	-	X
<b>Dienstklassifikation</b>					
Kartendienst	X	-	-	-	-
Datendienst	-	X	X	-	-
Verarbeitungsdienst	-	-	-	X	X

<sup>1</sup> SLD/WMS; <sup>2</sup> WFS-T; <sup>3</sup> generisch definiert (nicht eingeschränkt); <sup>4</sup> Planung; <sup>5</sup> eingeschränkt;

## 4.8 Weitere Standards für Web Services

Neben den hier genannten OGC Web Services gibt es in der Informatik weitere Standards, die Interoperabilität zwischen Web Services ermöglichen. Da es nicht Aufgabe der OGC ist, neue Basistechnologien zu entwickeln, sondern die Technologien anzuwenden, die im Rahmen der technischen Entwicklung zur Verfügung stehen, werden diese Standards aller Voraussicht nach in Zukunft bei der Definition von Standards im Bereich der Geoinformatik verstärkt Anwendung finden. Dabei handelt es sich um die folgenden Standards:

- 
- *Simple Object Access Protocol (SOAP)*: Codierung von Nachrichten zwischen Web Services,
  - *Web Service Description Language (WSDL)*: Codierung von Metadaten für die Beschreibung eines Web Services,
  - *Universal Description, Discovery and Integration (UDDI)*: Standardisierung für den Zugriff auf Verzeichnisse und deren Struktur von Web Services.

## **5 Konzept für eine serviceorientierte interoperable GIS-/Image Analysis Lösung auf der Basis von aggregierten OGC Web Services**

Als Ergebnis der theoretischen Betrachtungen der Kapitel 3 und 4 erfolgt an dieser Stelle die Beschreibung eines Konzepts für eine serviceorientierte interoperable GIS-/Image Analysis Lösung auf der Basis von aggregierten OGC Web Services. Eines der Ergebnisse der theoretischen Betrachtungen aus Kapitel 4 ist, dass die dort untersuchten OWS mit ihren spezifischen Eigenschaften allein oftmals nicht ausreichen, um die beschriebenen Anforderungen der Bildanalyse und die damit verbundenen Ziele zu erfüllen. In den Fällen, in denen die Leistungsfähigkeit eines OWS zur Erfüllung einer Aufgabe nicht ausreicht, kann die Methode der Aggregation von OWS zur Bereitstellung höherwertiger Services einen Lösungsansatz darstellen.

### **5.1 Integration der OGC Web Services**

Bei der Konzeption einer serviceorientierten interoperablen GIS-/Image Analysis Lösung auf der Basis von aggregierten OGC-Standards muss im Vordergrund stehen, eine einfach und intuitiv zu bedienende und für den Anwender handhabbare Lösung zu schaffen. Der einzelne Aufruf von OWS durch den Client stellt zwar eine Lösung dar, kann aber eine solche Forderung nur bedingt erfüllen (vgl. Kap. 5.1.1). Dieses Verfahren bedeutet aufgrund der Komplexität der Anfragen (vgl. Kap. 4.6.4 ff) nur eine Lösung für erfahrene Anwender, die über weiterführende Kenntnisse bezüglich der OWS verfügen. Die Aggregation von OGC Web Services ist ein Verfahren, das weiterführende Möglichkeiten bietet und im Rahmen dieser Arbeit detaillierter betrachtet werden soll. Dabei soll auch sichergestellt werden, dass die zu erstellenden aufgabenspezifischen Web Services orchestrierbar sind und im Rahmen einer SOA eingebunden werden können.

#### **5.1.1 Einbindung einzelner OGC Web Services**

Der einzelne Aufruf von OGC Web Services ist, sofern die Schnittstellen der unterschiedlichen OWS implementiert sind, bereits mit einem Standardprodukt möglich. Wie jedoch bereits dargestellt (vgl. Kap. 2.4.2), verfügen viele Image Analysis Systeme nur über eine WMS-Schnittstelle. Das würde bedeuten, dass ein solches Verfahren nur dann angewandt werden kann, wenn clientseitig alle erforderlichen OWS-Schnittstellen implementiert werden. Ein weiterer Nachteil ist, dass die Aufrufe

der einzelnen Operationen für den Endanwender zu kompliziert sind (vgl. Kap. 4.6.6 ff). Es ist weiterhin zu beachten, dass die client- und serverseitige Implementierung von OWS-Schnittstellen bei den verschiedenen Produkten durchaus unterschiedlich ausfallen kann. Ein Beispiel dafür ist z. B. die GetFeatureInfo-Operation eines WMS, die optional ist und nicht von jedem Client oder Server unterstützt wird. Als garantierte Leistungsmerkmale können daher immer nur die in den Implementation Specifications vorgeschriebenen Operationen vorausgesetzt werden.

### 5.1.2 Aggregieren von OGC Web Services

Die Aggregation von Web Services kann immer dann einen Mehrwert darstellen, wenn die Funktionalität eines OWS für bestimmte Aufgabenstellungen nicht ausreichend ist (vgl. Donaubaer 2004; Weiser, Neis & Zipf 2006; Brinkhoff et al. 2008; Stollberg & Zipf 2007). Die Vorteile der Komposition von Web Services wurden bereits in Kap. 3.5 dargestellt und detailliert diskutiert. Im Rahmen dieser Arbeit wird daher die *aufgabenspezifische Aggregation* von OGC Web Services als eine Option gesehen, die bereits standardmäßig bestehenden Möglichkeiten zu verbessern und zu erweitern, bestehende Restriktionen zu eliminieren und Aufgaben der Bildanalyse *prozessorientiert* verarbeiten zu können.

## 5.2 Anforderungen und Funktionalität

Im weiteren Verlauf der Betrachtungen werden die Anforderungen an eine serviceorientierte interoperable GIS-/Image Analysis Lösung auf der Basis von aggregierten OGC-Standards betrachtet und als Grundlage für ein konzeptionelles Modell verwendet. Die Anforderungen orientieren sich weitestgehend an den bereits beschriebenen Funktionalitäten des Produkts promegis BRIDGE (vgl. Kap. 2.5). Die Tabelle 5.1 beschreibt darüber hinaus noch einmal die möglichen Anforderungen an eine gemeinsame interoperable Lösung für GIS und Image Analysis Systeme sowie die Priorität der Anforderungen für die unterschiedlichen Disziplinen.

**Tabelle 5.1: Anforderungen an eine interoperable Lösung**

Anforderungen	GIS	IA <sup>1</sup>	Beispiele
<b>Allgemeine Anforderungen</b>			
<i>Funktionale Anforderungen:</i> Zugriffskontrolle; Export; Kapselung von Datenquellen und Systemen; Datenfusion;	+++	+++	Kontrollierbarer Zugriff auf die Datenquellen und Systeme; Einschränkung der Funktionalität der Quellsysteme für den Nutzer; Export von Daten für den Offlinebetrieb; Fusionierung unterschiedlicher Datenbestände;
<b>Datenbezogene Anforderungen</b>			

Anforderungen	GIS	IA <sup>1</sup>	Beispiele
<i>Vektordaten:</i> Zugriff auf datei- und/oder datenbankbasierte Vektordaten; Integration dezentraler heterogener Datenquellen; Reprojektion von Daten; raumbezogene Extraktion; erfassen, löschen, editieren und analysieren von Daten; exportieren von Vektordaten; Qualitätsprüfungen; Sanitarisierung; Datenkontrolle	+++	+++	Bereitstellung von GIS-Datenformaten für die Nutzung von Vektordaten in GIS und Image Analysis Systemen; erfassen, löschen, editieren und analysieren von Vektordaten im Rahmen der clientseitigen Bearbeitung; Export von Vektordaten für externe Nutzung in anderen Systemen; Export von Daten für den Offlinebetrieb; Export von Daten in andere Datenformate; Reprojektion von Vektordaten; Abgabe von gebietsweisen Auszügen von Daten für andere Institutionen; Prüfung und Sanitarisierung eingestufte Daten vor der Weitergabe;
<i>Rasterdaten:</i> Zugriff auf datei- und/oder datenbankbasierte Rasterdaten und -archive; Integration dezentraler heterogener Datenquellen und Systeme; Reprojektion; raumbezogenes Extrahieren; exportieren von Rasterdaten; Qualitätsprüfungen; Sanitarisierung;	++	+++	Zugriff auf Rasterdatenarchive; Evaluierung der Daten von Rasterdatenarchiven; interoperabler Zugriff auf dezentrale heterogene Datenquellen und Systeme; Reprojektion von Rasterdaten; extrahieren von Bildausschnitten; Export von Rasterdaten in andere Datenformate;
<i>Metadaten:</i> abfragen, erfassen, ändern, löschen, suchen;	+++	+++	Qualität und Genauigkeit der Daten; editieren der Daten;
<b>Anforderungen an die OWS</b>			
<i>WMS:</i> Zugriff auf Vektor- und Rasterdaten; Visualisierung Raster- und Vektordaten, Änderung Visualisierung Vektordaten (SLD); Feature Informationen abfragen; Datenfusion; Reprojektion;	+++	+++	Visualisierung von Raster- und GIS-Daten, Fusion von Vektor- und Rasterdaten; Evaluierung bzw. Erkundung größerer Rasterdatenbestände; Hintergrundinformation bei der Bildanalyse; Kartenhintergrund bei der Nutzung von WFS; Mosaikieren von Bildern; Erstellung von statischen Lagebildern; Hintergrundinformation bei dynamischen Lagebildern;
<i>WFS:</i> Features laden, erfassen, ändern, löschen; Attribut-Filter <sup>2</sup> ; räumliche Filter <sup>2</sup> ; GIS-Funktionalitäten;	+++	+++	Clientseitiges Arbeiten mit Features; clientseitige Visualisierung von Features; Features erfassen, ändern, löschen; räumliche Filter und Attribut-Filter; clientseitige Bereitstellung von GIS-Funktionalitäten;
<i>WCS:</i> Bilder laden, konvertieren; räumliche Extraktion; Reprojektion;	+	+++	Laden von Rasterdaten mit Original-Semantik zu einem bestimmten Zeitpunkt, Extraktion von Ausschnitten aus größeren Rasterbildern oder Rasterarchiven, Export von Rasterbildern in andere Formate für den Offlinebetrieb, Reprojektion eines Bildes in andere Koordinatensysteme;
<i>WCPS:</i> Berechnungen; Summationen;	+	+++	Ausführen spezieller Bildverarbeitungsfunktionalitäten; serverseitige Bildanalyse und ausführen spezieller Image Processing Funktionalitäten;
<i>WPS:</i> GIS- und Analysefunktionalitäten; Berechnungen; Feature Extraktion; Wrapper;	+	+++	Flächenverschnidungen; Buffer; Hot-Spot-Analysen; Routenberechnung; individuelle Berechnungen; automatische Extraktion von Features; Erstellung von Sichtbarkeitsanalysen; Erstellung von Erreichbarkeitsanalysen; Wrapper für andere Produkte; allgemeine GIS-Funktionalitäten;
<i>CSW:</i> suchen Metadaten; Services identifizieren;	+++	+++	Metadatensuche;
<i>Aggregierte OGC Web Services:</i> Unterstützung von aufgabenspezifischen Workflows <sup>3</sup> ; Automation von Aufgaben;	+	+++	ROI <sup>4</sup> dient als Grundlage für die Evaluierung des Bildmaterials und der GIS-Daten (WMS); Ausgestaltung der Karte wird themenspezifisch geändert (WMS/SLD); laden benötigter Features (Attribut-Filter) im Gebiet (räumliche Filter) erfolgt automatisch (WFS), Änderung von Attributen (WFS-T); für ROI wird das Originalbildmaterial geladen (WCS) und reprojiert; Bildberechnungen (WCPS); aufgabenspezifischer GIS- und Analysefunktionen (WPS), Speicherung der Ergebnisse der Bildanalyse (WFS-T);
<sup>1</sup> IA= Image Analyst; <sup>2</sup> FES erforderlich; <sup>3</sup> Beschreibung des Workflow erfolgt im konzeptionellen Modell; <sup>4</sup> Region of Interest; +++=hohe Priorität; ++=mittlere Priorität; +=geringe Priorität;			

### **5.3 Konzeptionelles Modell**

Die nachfolgenden Kapitel beschäftigen sich mit einem konzeptionellen Modell für eine serviceorientierte interoperable GIS-/Image Analysis Lösung auf der Grundlage aggregierter OGC Web Services. Das konzeptionelle Modell soll sich an der im Kapitel 2.5 dargestellten Ausgangssituation und den in Kapitel 5.2 beschriebenen funktionalen Anforderungen orientieren. Die Umsetzung der Anforderungen unter Berücksichtigung der Ausgangssituation in ein konzeptionelles Modell ist die zentrale Frage, die in den folgenden Kapiteln behandelt wird.

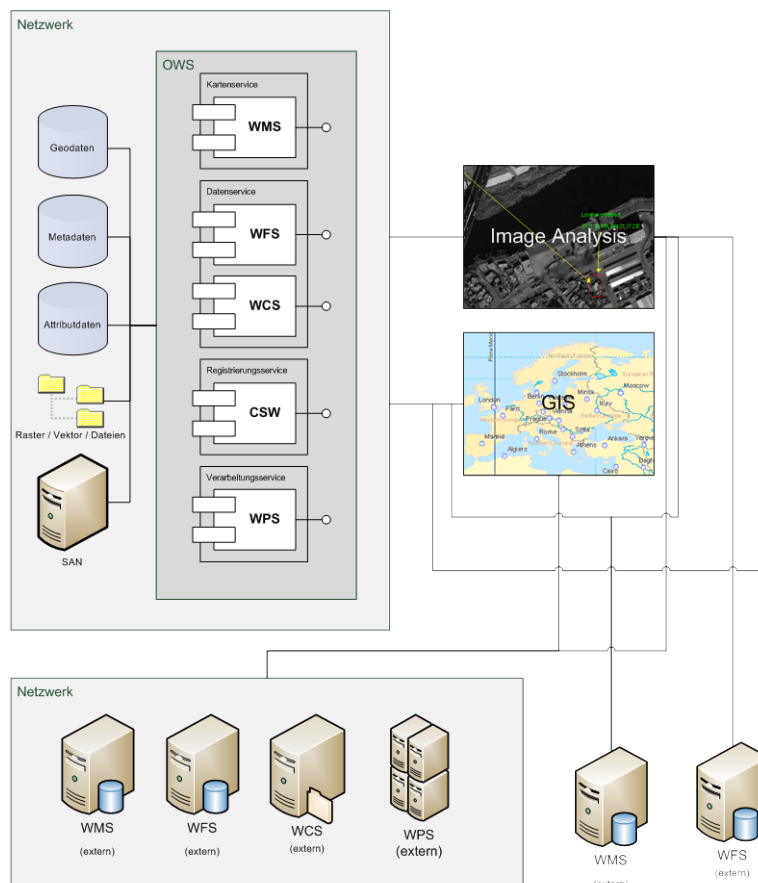
### **5.4 Komponenten und deren Zusammenhang**

Für die konzeptionelle Betrachtung wird ein fiktives Szenario aus der Praxis (vgl. Abbildung 5.1), das das Zusammenspiel der Systemkomponenten darstellt, zugrunde gelegt. Wie bereits in Kapitel 4.6.4 ff erläutert, haben alle untersuchten OGC Web Service spezifische Eigenschaften. Statt die einzelnen OWS isoliert voneinander zu betrachten, setzen die nachfolgenden Lösungsansätze auf eine kombinierte bzw. auf eine aufgabenspezifische aggregierte Nutzung von OWS. Aufgabenspezifisch deshalb, da die Aggregation der einzusetzenden OWS je nach Aufgabe und der damit verbundenen Anforderungen variieren kann.

Ein Nachteil dieser aufgabenspezifischen Sichtweise ist allerdings, dass die aggregierten Web Services sehr speziell sind und die Wiederverwertbarkeit der neu geschaffenen höherwertigen Services nicht sehr hoch ist. Aufgabe eines solchen aggregierten Services ist es, eine spezielle Aufgabe auszuführen. Ein Service, der z. B. speziell für die Zusammenstellung von Bildmaterial bei der Bildanalyse eingesetzt wird, kann nicht für ohne Weiteres für andere Aufgabenstellungen eingesetzt werden.

Die Abbildung 5.1 stellt die eingesetzten Komponenten und die Systemzusammenhänge exemplarisch grafisch dar. Je nach Anforderung können weitere Web Services und OWS in das System integriert werden.





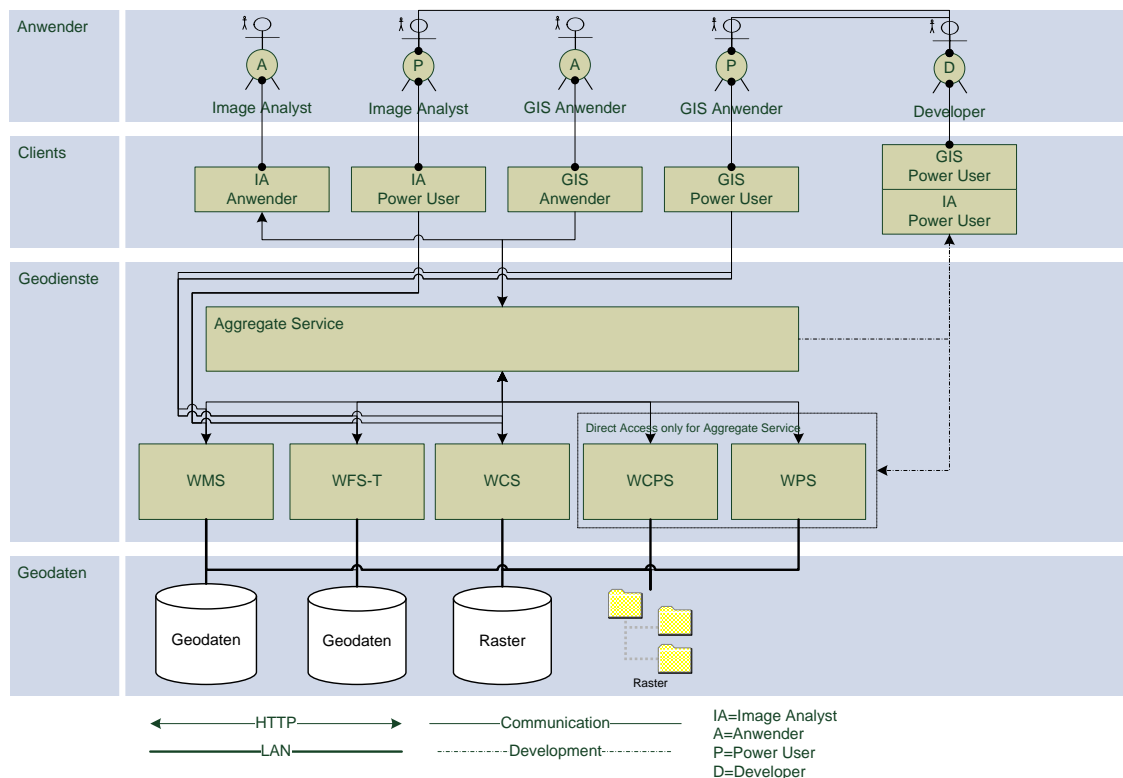
**Abbildung 5.1: Exemplarische Darstellung einer interoperablen GIS-/Image Analysis Lösung**

Dieses Szenario geht davon aus, dass sowohl GIS als auch Image Analysis Systeme über die integrierten systemeigenen Schnittstellen auf die OWS zugreifen (vgl. Kap. 5.1.1). Eine Aggregation der Services hat bisher nicht stattgefunden. Eine Interaktion zwischen GIS und Image Analysis System, wie bereits in Kapitel 2.5 erläutert, findet an dieser Stelle nicht statt. Die in der Abbildung 5.1 dargestellte Lösung entspricht im Wesentlichen der Definition einer Geodateninfrastruktur, wobei die besonderen Bedingungen der Zugangskontrolle in diesem speziellen Fall nicht explizit dargestellt worden sind. Der in Abbildung 5.1 dargestellte Ansatz soll nun um eine Komponente zur Aggregation von OWS ergänzt werden.

## 5.5 Aggregate Service

Neben der Systemkonstellation und den eingesetzten Systemkomponenten ist ein weiterer Baustein von Bedeutung, der im weiteren Verlauf der Arbeit als *Aggregate Service* bezeichnet werden soll und für die Aggregation von OGC Web Services steht. Da, wie bereits erläutert, ein solcher Aggregate Service durchaus aufgabenspezifisch zu sehen ist, beschreibt die Abbildung 5.2 nur eine mögliche Variante des Aggregate

Services. Die Abbildung 5.2 zeigt die einzelnen Komponenten einer serviceorientierten interoperablen GIS-/Image Analysis Lösung auf der Basis von aggregierten OWS. Das Ziel, das mit diesem Verfahren erreicht werden soll, ist die Aggregation einzelner OWS zu einem höherwertigen Dienst zur besseren Unterstützung von Workflows und der Automatisierung von Prozessen.



**Abbildung 5.2: Komponenten einer serviceorientierten interoperablen GIS-/Image Analysis Lösung**

Die in Abbildung 5.2 beschriebene Lösung unterstellt, dass ein Anwender stets über einen Aggregate Service auf die OGC Web Services zugreift. Bei der Nutzung von Image Analysis Systemen kann dies zum Teil sogar notwendig sein, da nicht alle dieser Systeme OWS unterstützen. Ausschließlich die GIS- und Image Analysis Experten (Power User) und Entwickler haben einen direkten Zugriff auf die OWS. Der Aggregate Service sollte bei der Kommunikation mit dem Client erkennen, ob es sich um ein Image Analysis System oder um ein GIS handelt, da diese beiden Fälle aufgrund der unterschiedlichen konzeptionellen Ansätze der Systeme unterschiedlich zu behandeln sind. Grundsätzlich richtet sich der hier konzipierte Aggregate Service jedoch eher an Anwender eines Image Analysis Systems zur aufgabenspezifischen Unterstützung bei der Bildanalyse. Es ist nicht erklärtes Ziel dieses Verfahrens, Schnittstellen und

Funktionalitäten, die im GIS Bereich bereits existieren, neu zu entwickeln bzw. abzulösen.

Die Abbildung 5.3 stellt die Verarbeitung von Requests bei der Bildanalyse dar und beschreibt, wie ein aggregierter Einsatz von OWS den interoperablen Zugriff auf dezentrale heterogene Systeme verbessern kann. Dabei sind diese Vorgänge, wie bereits dargestellt, aufgabenspezifisch zu sehen. Ausgangspunkt für eine Bildanalyse ist die Region of Interest, die durch eine Koordinate oder eine Bounding Box festgelegt wird. Der CSW ist in der Abbildung 5.3 separat und ausschließlich der Vollständigkeit halber dargestellt worden, da er nicht Gegenstand der Untersuchung dieser Arbeit ist. Im Rahmen der hier betrachteten Lösung wird unterstellt, dass die für den Benutzer zur Verfügung stehenden Datenquellen vorkonfiguriert werden. Andernfalls ist es durchaus möglich bzw. in der Regel auch sinnvoll, den CSW in die Aggregation der OWS mit einzubinden.

Im Rahmen der hier dargestellten Systemkonstellation existieren in der Regel weitere spezifische Verwaltungssysteme, die in einen Prozess eingebunden werden müssen. Das Laden von Bildern von einer Datenquelle im Dateiformat soll eine solche Lösung andeuten und ist das Ergebnis einer speziellen Suchanfrage. Nachdem diese Informationen ausgewertet und die Bilder geladen worden sind, beginnt die eigentliche Arbeit des Aggregate Services, der die verschiedenen Informationen zusammenstellt und für den Image Analysten verfügbar macht. Die Ergebnisse der Bildanalyse werden anschließend wieder in einer GDI gespeichert. Die Erstellung eines Berichts, der wiederum an weitere beteiligte Stellen übermittelt wird, beendet die Aufgabe.

In diesem aufgabenspezifischen Fall stellt somit ein Aggregate Service dem Image Analysten das benötigte Material für die Bildauswertung zur Verfügung und ermöglicht die Speicherung der Ergebnisse in einer zentralen Datenquelle oder einer GDI. Optional kann ein solcher Aggregate Service auch in eine SOA eingebunden werden.

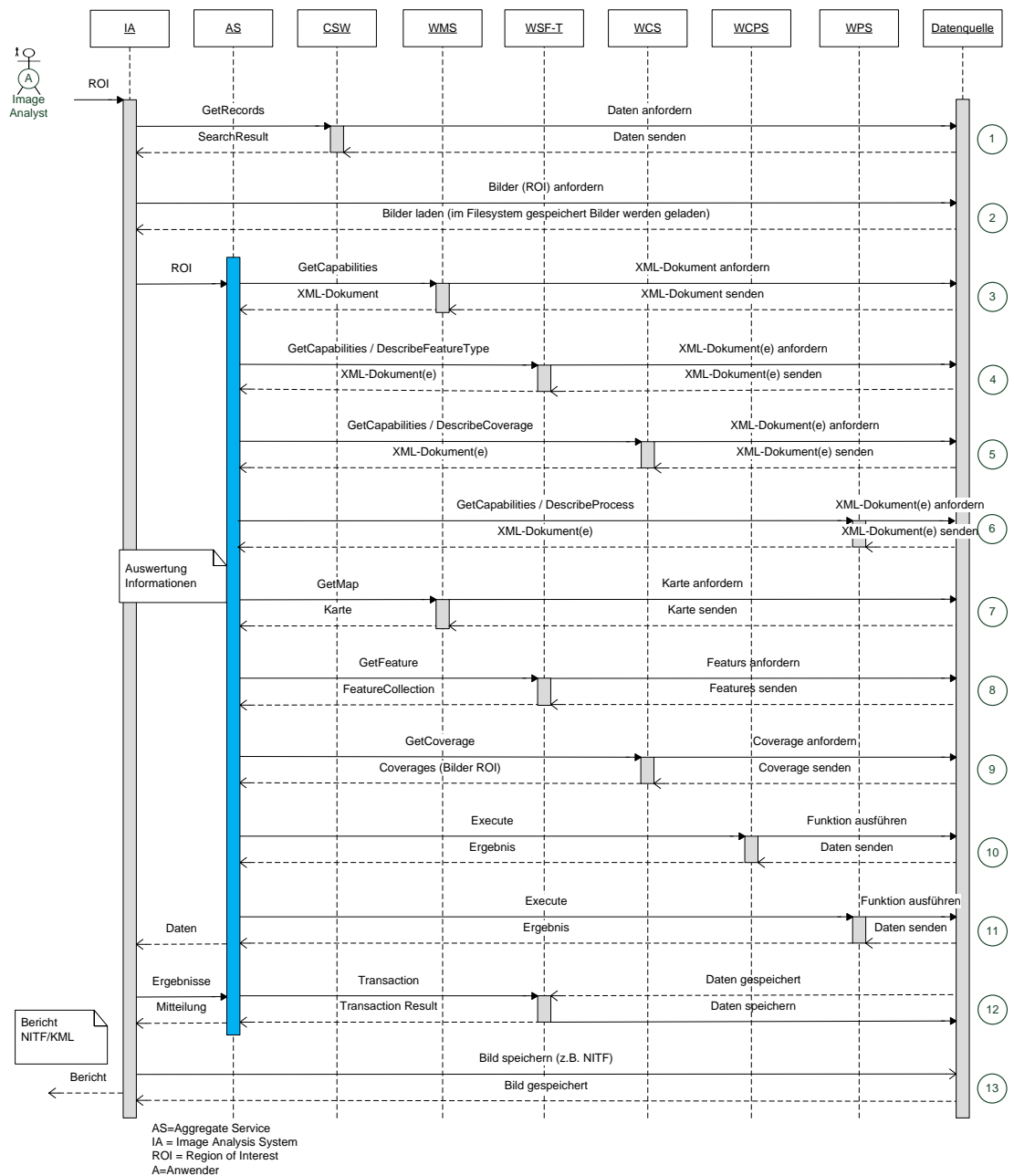


Abbildung 5.3: Aufgabenspezifischer Aggregate Service (UML-Sequenzdiagramm)

Die Auswahl der Daten kann, wenn es sich um einen automatisierten Prozess handelt, automatisch erfolgen. Andernfalls erhält der Anwender über einen Auswahldialog die Möglichkeit, die Daten auszuwählen, die vom Aggregate Service angeboten werden (vgl. Abbildung 5.4). Eine weitere Optimierungsmöglichkeit besteht darin, die GetCapabilities-Requests der OWS auszuwerten und nur die Daten anzubieten, die auch tatsächlich in dem angeforderten Gebiet liegen.

Name	Type	Is Selected	Is in Display	Is Visible
Water (Local) (463591)	Simple Feature 0	<input type="checkbox"/>	11	<input checked="" type="checkbox"/>
Images	Group			
Boston_1.ntf	Raster FileSy...	<input type="checkbox"/>	True	<input checked="" type="checkbox"/>
Boston_2.ntf	Raster FileSy...	<input type="checkbox"/>	True	<input checked="" type="checkbox"/>
Boston_3.ntf	Raster FileSy...	<input type="checkbox"/>	True	<input checked="" type="checkbox"/>
Boston_4.ntf	Raster FileSy...	<input type="checkbox"/>	True	<input checked="" type="checkbox"/>
Landmarks (Areas)	Group			
National Parks (State) (6371)	Simple Feature 0	<input type="checkbox"/>	3	<input checked="" type="checkbox"/>
National Forests (State) (6371)	Simple Feature 0	<input type="checkbox"/>	3	<input checked="" type="checkbox"/>
Parks (Regional) (35786)	Simple Feature 0	<input type="checkbox"/>	117	<input checked="" type="checkbox"/>
Landmarks (Regional) (80310)	Simple Feature 0	<input type="checkbox"/>	126	<input checked="" type="checkbox"/>
Parks (Local) (35786)	Simple Feature 0	<input type="checkbox"/>	117	<input checked="" type="checkbox"/>
Landmarks (Local) (80310)	Simple Feature 0	<input type="checkbox"/>	126	<input checked="" type="checkbox"/>
City (Areas)	Group			
Cities (Boundaries)	Group			
Urban Outlines (States) (3580)	Simple Feature 0	<input type="checkbox"/>	1	<input checked="" type="checkbox"/>
Urban Outlines (Regional) (3580)	Simple Feature 0	<input type="checkbox"/>	1	<input checked="" type="checkbox"/>

Abbildung 5.4: Auswahldialog Aggregate Service

Eine Aggregation unterschiedlicher OWS stellt für die Bildanalyse vielfältige Möglichkeiten zur Lösung der beschriebenen Aufgabenstellung bereit und ermöglicht darüber die Einbindung von Prozessen in eine serviceorientierte Architektur. Die Tabelle 5.2 stellt die einzelnen Prozesse der Abbildung 5.3 noch einmal im Detail dar.

Tabelle 5.2: Darstellung der Prozesse bei der Bildanalyse

Nr. <sup>1</sup>	Beschreibung Requests	Beispiele
1	<i>GetRecords (CSW):</i> Metadaten und Beschreibungen abfragen;	Katalog der nutzbaren Geodienste; Auswertung von Metadaten für die Vorselektion;
2	<i>Bilder laden:</i> laden dateibasierter Bilder;	Laden von dateibasierten Bildern aus dem lokalen Netzwerk; alternativ könnte auch die raumbezogene Suche nach Rasterdaten über einen WCPS erfolgen;
3	<i>GetCapabilities (WMS):</i> Beschreibung des Services abfragen;	XML-Dokument mit den Eigenschaften der Services abfragen und auswerten (Daten und Operationen);
4	<i>GetCapabilities/DescribeFeatureType (WFS):</i> Beschreibung des Services und der Feature Types abfragen;	XML-Dokument mit den Eigenschaften der Services abfragen und auswerten (Daten und Operationen); Beschreibung der Features abfragen und auswerten;
5	<i>GetCapabilities/DescribeCoverage (WCS):</i> Beschreibung des Services und der Coverages abfragen;	XML-Dokument mit den Eigenschaften der Services abfragen und auswerten (Daten und Operationen), Beschreibung der Coverages abfragen;
6	<i>GetCapabilities/DescribeProcess (WPS):</i> Beschreibung des Services und der Prozesse abfragen;	XML-Dokument mit den Eigenschaften der Services abfragen (Daten und Operationen); Eigenschaften der Prozesse abfragen;
7	<i>GetMap (WMS):</i> Karte laden, sofern Daten vorhanden;	Laden statischer Kartenausschnitt; Laden von Lagebildern; Laden von Karten als Hintergrundinformation;
8	<i>GetFeature (WFS):</i> Features laden, sofern Daten vorhanden;	Ausschnitte mit Features laden;
9	<i>GetCoverage (WCS):</i> Coverage laden, sofern vorhanden;	Bildausschnitt eines Coverage laden; Selektion der Daten nach Bändern und Kanälen;
10	<i>Syntax (WCPS):</i> Operation ausführen;	Bildoperationen ausführen;
11	<i>Execute (WPS):</i> Operation ausführen;	Routenberechnung; Puffer; sonstige GIS-Abfragen und Analysen;
12	<i>Transaction (WFS):</i> Ergebnisse der Bildanalyse speichern;	Speichern der Ergebnisse der Bildanalyse in einer zentralen Datenquelle oder GDI;
13	<i>Bild speichern:</i> Bild speichern;	Ergebnis der Bildanalyse als Bericht, vorzugsweise im Datenformat NITF, speichern;

<sup>1</sup> Nummer des Requests (vgl. Abbildung 5.3)

Der Aggregate Service nutzt Eigenschaften serviceorientierter Ansätze in Bezug auf die Modularität und stellt durch die Kombination einzelner Services einen höherwertigen

Service zur Verfügung. Ein solcher Aggregate Service steht in einer sehr starken Beziehung zur Aufgabe. Dementsprechend ist die Wiederverwertbarkeit eines solchen Services für andere Aufgabengebiete eher als gering einzustufen. Grundsätzlich besteht die Möglichkeit, jeweils unterschiedliche aufgabenspezifische Services oder, wie in Abbildung 5.5 dargestellt, einen Aggregate Service mit unterschiedlichen Operationen zu erstellen. Die Granularität der oder des zu erstellenden Aggregate Services ist ebenfalls abhängig von der Aufgabenstellung. Der Übersichtlichkeit halber wird im Rahmen dieser Konzeption von der Variante eines Aggregate Services mit unterschiedlichen Operationen ausgegangen. Ein solcher Service kann wiederum auf andere Services zugreifen bzw. von diesen Services aufgerufen werden. Ist es Ziel, den Aggregate Service z. B. in eine SOA zu integrieren, dann ist es erforderlich, WSDL und SOAP zu unterstützen. Die zusätzliche Unterstützung von KVP kann optional erfolgen.

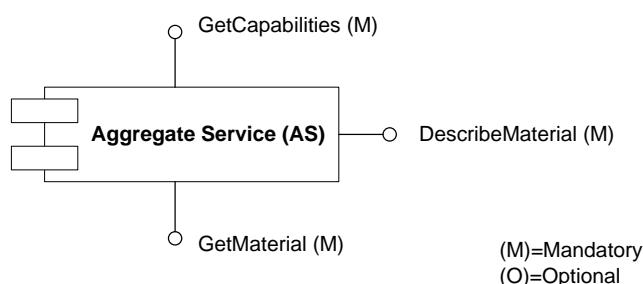


Abbildung 5.5: Schnittstellen Aggregate Service

- *GetCapabilities* beschreibt die Eigenschaften des Services und weiterführende in der Applikation festgelegte beschreibende Daten.
- *DescribeMaterial* gibt eine Information der zur Verfügung stehenden Layer der aggregierten OWS als XML-Datei zurück.
- *GetMaterial* führt z. B. die in Abbildung 5.3 beschriebenen Operationen aus und stellt das Material für die Bildanalyse zusammen (Vektor- und Rasterdaten).

Hierbei handelt es sich nur um ein Beispiel, das illustrieren soll, welche Aufgaben ein solcher Aggregate Service erfüllen kann. Wie bereits erläutert, ist der hier beschriebene Aggregate Service aufgabenspezifisch zu sehen. Er kann z. B., wie in Abbildung 5.3 dargestellt, die Aufgabe übernehmen, das Material für eine Bildanalyse zusammenzustellen. Ist die räumliche Ausdehnung des Gebietes bekannt, stellt der Aggregate Service automatisch alle zur Verfügung stehenden Daten für die Bildanalyse zusammen. Dies setzt voraus, dass die dabei genutzten Datenquellen zuvor konfiguriert

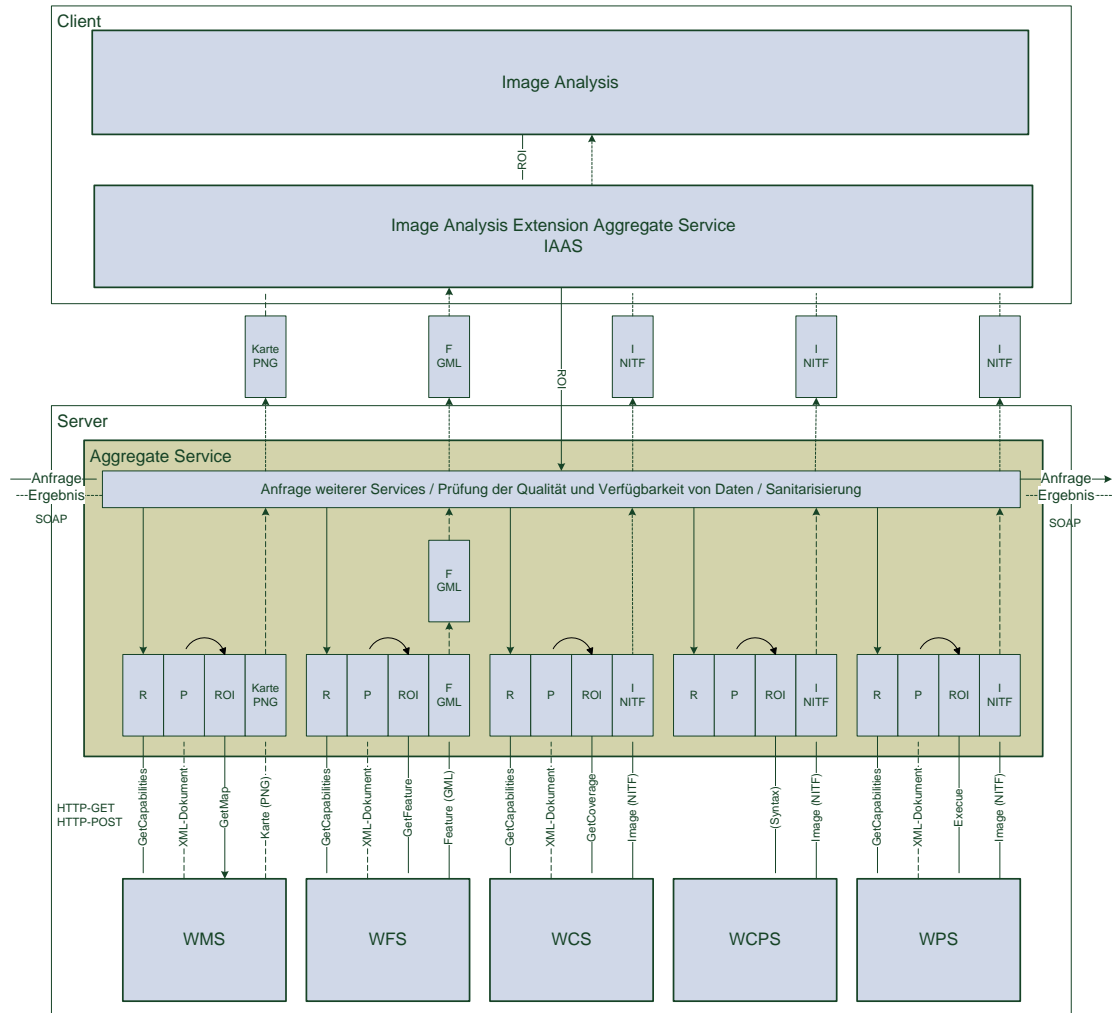
worden sind. Soll die Auswahl nicht voll automatisiert erfolgen, kann der Anwender, wie in Abbildung 5.4 dargestellt, die Auswahl der Daten selbst vornehmen.

Ein solcher Aggregate Service könnte z. B. den kombinierten Einsatz von GIS und Image Analysis Systemen überflüssig machen, da ein Image Analyst die Aufgabe einer objektbezogenen Bildanalyse auch ohne die Nutzung eines separaten GIS durchführen kann. Grundsätzlich sind verschiedene Varianten denkbar:

- *Alle Anfragen laufen über den Aggregate Service:* Bei dieser Variante werden alle Anfragen über den Aggregate Service abgewickelt. Dieser ruft die unterschiedlichen OWS auf und fragt die Daten ab. Der Aggregate Service sendet die Daten wiederum an den Client, der die Daten visualisiert. Dabei muss der Client ebenfalls über eine Schnittstelle verfügen, um mit dem Aggregate Service kommunizieren zu können. Dieses Verfahren eignet sich dann, wenn der Client, in diesem Fall das Image Analysis System, über keine bzw. nur wenige OWS Schnittstellen verfügt. Vorteilhaft für diesen Ansatz ist, dass eine Reihe OWS-spezifischer Parameter identisch sind (Open Geospatial Consortium, Inc. 2007a). Da der Aggregate Service die volle Kontrolle über die von den einzelnen OWS gesendeten Anfragen und Ergebnisse hat, ist es möglich, neben dem Aufruf der einzelnen OWS erweiterte Funktionalitäten, wie z. B. eine Datenprüfung oder Sanitarisierung zwischenzuschalten. Der Aggregate Service fungiert hier als eine Art Wrapper für die OWS.
- *Aggregate Service speichert die Ergebnisse in einer über das Web zugreifbaren Ressource:* Diese Variante ist identisch mit der vorhergehenden, jedoch wird das Ergebnis nicht an den Client übertragen, sondern in einer über das Web zugreifbaren Ressource gespeichert. Eine solche Variante könnte z. B. als Prozess *Materialbestellung* in eine SOA eingebunden werden.
- *Aggregate Service nutzt bestehende OWS Schnittstellen:* In diesem Fall werden auch bestehende OWS Schnittstellen genutzt und der Aggregate Service bindet die OWS, die als Schnittstellen im Client zur Verfügung stehen, ein.

Grundsätzlich ist die Frage, wie der Aggregate Service integriert wird, auch abhängig von den Möglichkeiten des Clients. Unterstützt der Client keine OWS-Schnittstellen, so bleibt eigentlich nur die Variante, dass alle Anfragen über den Aggregate Service abgewickelt werden, der dann als eine Art Wrapper für die OWS fungiert. Die

Abbildung 5.6 zeigt eine Systemkonstellation einschließlich Aggregate Service und Image Analysis Systems. Das Image Analysis System nutzt für den Zugriff auf den Aggregate Service eine Erweiterung in Form einer Extension.



ROI= Region of Interest; R=Request; P=Proofing; F=Feature; IA= Image Analysis; I=Image; IAAS=Image Analysis Extension

**Abbildung 5.6: Systemintegration Aggregate Service (Wrapper für OWS)**

Die Abbildung 5.6 zeigt schematisch den Ablauf einer beliebigen Funktion eines Aggregate Services. In dem hier vorliegenden Fall wird exemplarisch angenommen, dass es sich um eine Materialbestellung handelt. Das Image Analysis System wird um eine Extension (IAAS) erweitert. Diese clientseitige Extension kommuniziert mit dem Aggregate Service (AS) des Servers und übergibt dem Web Service eine ROI. Der Aggregate Service fragt daraufhin per GetCapabilities-Request (vgl. Kap. 4.6.4 ff) die zur Verfügung stehenden OWS WMS, WFS, WCS und WPS ab und wertet die Daten aus. Der Anwender erhält eine Auswahlliste (Abbildung 5.4) und hat die Möglichkeit, die ausgewählten Daten zu laden. Das Ergebnis dieser Abfragen wird an das Image



Analysis System des Clients gesendet, wo mit diesen Daten weiter gearbeitet werden kann. Dabei sollten Datenformate gewählt werden, die auch durch das Image Analysis System unterstützt werden. Anderfalls ist ein Datentransfer zwischenschalten.

WCPS und WPS führen in diesem Zusammenhang in Abhängigkeit der Auswahl des Anwenders und der zur Verfügung stehenden Daten fest definierte Abfragen und Funktionalitäten aus. Nach Beendigung der Bildanalyse werden die Ergebnisse der Auswertung wieder in einer zentralen Datenquelle gespeichert. Darüber hinaus ist es auch möglich, in einen solchen Aggregate Service entsprechende weitere Funktionalitäten einzubinden. Ein Beispiel ist z. B. die Prüfung der Größe von Dateien, die nicht von einer im lokalen Netzwerk zur Verfügung stehenden Ressource kommen oder die Begrenzung von Bildausschnitten, die heruntergeladen werden können.

Es sollte nicht Ziel einer softwaretechnischen Umsetzung sein, einem Aggregate Service alle möglichen Funktionen der verwendeten OWS zu implementieren. Unter Kenntnis der in Kapitel 4.6.4 ff durchgeführten Identifizierung der wichtigsten Operationen der OWS sind nur die Requests zu implementieren, die für die Bildanalyse auch tatsächlich benötigt werden. Daher ist die Kenntnis der entsprechenden Operationen für eine Realisierung eines solchen Web Services von entscheidender Bedeutung.

Der Aggregate Service kann als generischer Web Service auf der Basis aktueller IT-Standards und Entwicklungsprodukte realisiert werden. Damit unterstützt der Aggregate Service SOAP und WSDL. Ein Aggregate Service kann jedoch auch als Wrapper für OWS verwendet werden, die kein SOAP und WSDL unterstützen, um diese Funktionalitäten bereitzustellen und die OWS orchestrierbar zu machen (vgl. Kap. 3.5). Ein solcher Aggregate Service kann auch als Einstieg in die *prozessorientierte Bildanalyse* betrachtet werden.

## 6 GIS-/Image Analysis Lösungen auf der Basis von OGC Web Services und Aggregate Services

In diesem Kapitel sollen die in Kapitel 4 untersuchten OGC Web Services und die konzeptionellen Ansätze des beschriebenen Aggregate Service aus Kapitel 5 auf Anwendbarkeit und Tauglichkeit für die Bildanalyse evaluiert, analysiert und verifiziert werden. Eine vollständige programmtechnische Integration der in Kapitel 5 beschriebenen konzeptionellen Ansätze aggregierter OWS kann an dieser Stelle leider nicht erfolgen, da dies den Rahmen der Arbeit bei Weitem überschreiten würde. Aus der Sicht der Evaluierung und Analyse soll anhand eines Beispiels ein möglicher Prozessablauf zur Unterstützung der Bildanalyse durchlaufen werden. Dabei soll der Mehrwert von OWS und aggregierten OWS bezogen auf die Aufgabenstellung und Ausgangssituation überprüft werden.

Auf der Grundlage der Nutzung von OWS ist der kombinierte Einsatz von GIS- und Image Analysis möglich, impliziert jedoch nicht die zwangsläufige Koppelung der Systeme, da beide Lösungen auch autonom voneinander betrieben werden können. Eine kombinierte GIS-/Image Analysis Lösung, wie in Kapitel 2.5 vorgestellt, ist somit nicht mehr stringent erforderlich. Beide Systemlösungen bieten auf der Basis der hier vorgestellten Lösungsansätze einen eigenen direkten Zugriff auf heterogene dezentrale Datenquellen und Systeme. Die Systemlösungen müssen nicht zwangsläufig miteinander interagieren.

### 6.1 Allgemeine Anwendungsbeispiele

Die Anwendungsbeispiele orientieren sich an den Anforderungen der Bildanalyse (vgl. Abbildung 6.1), die durch den Einsatz interoperabler Lösungen adressiert und gelöst werden sollen.

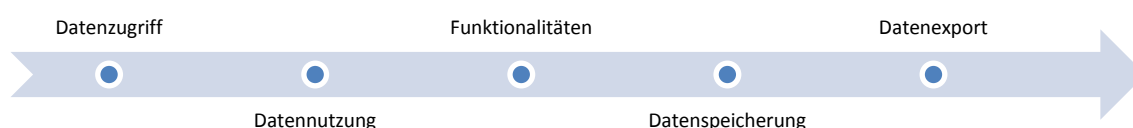


Abbildung 6.1: Interoperabilitätsaufgaben Image Analysis

Diese Anforderungen lassen sich noch einmal wie folgt zusammenfassend konkretisieren:

- *Datenzugriff*: Zugriff auf Vektor-, Raster- und Metadaten auf der Basis der Auswahlkriterien Layer, Features, Images,
- *Datennutzung*: Hintergrundinformation, Symbolisierung, Dynamic Range Adjustment (DRA), Spektrale Analyse, Change Detection, Stereobilder, Compare Funktionen, Mosaik,
- *Funktionalitäten*: Filterung, räumliche Verschneidungen, räumliche Analysen, Buffer, Tracking, Hot-Spot Analysen, Sichtbarkeitsanalysen, Distanzanalysen, Image Processing, Geo Processing,
- *Datenspeicherung*: Features, Annotations, Images, Metadaten,
- *Datenexport*: KML, NITF.

## 6.2 Testumgebung

Für die Evaluierung, Analyse und Verifizierung der konzeptionellen Ansätze aus Kapitel 5 ist eine Testumgebung auf der Basis des Produkts *ArcGIS Server* aufgesetzt worden. ArcGIS Server bietet die Möglichkeit, die OGC Web Services WMS, WFS und WCS bereitzustellen. Darüber hinaus bietet ArcGIS Server auf der Basis der ESRI-Technologie die Möglichkeit, kartografisch komplex gestaltete Karten einschließlich der Symbolisierung zu erstellen. ArcGIS Server unterstützt auch die Erweiterung SLD für WMS und Transaktionen für einen WFS (WFS-T). WCPS und WPS werden allerdings bisher vom ArcGIS Server noch nicht unterstützt.

Für die Analyse und Evaluierung des WPS wurde auf einen Server<sup>14</sup> der Research Group Cartography der Universität Bonn zurückgegriffen. Da es sich beim WCPS um einen gerade erst vom OGC verabschiedeten Service handelt, steht eine Produktimplementierung noch nicht zur Verfügung. Die Möglichkeiten und die Leistungsmerkmale eines WCPS können auf der Webseite Earthlook<sup>15</sup> der Jacobs University Bremen getestet werden. Für den Aufbau einer dezentralen heterogenen Systemumgebung wurden darüber hinaus die Produkte *ArcGIS ImageServer 9.3*, *UMN MapServer 5.4.0* und *Geoserver 1.7.5* eingesetzt. Die Abbildung 6.2 zeigt eine

---

<sup>14</sup> <http://www.opengeoprocessing.org/>

<sup>15</sup> <http://www.earthlook.org/>

Übersicht der Systemumgebung der verwendeten Produkte sowie deren OWS-Unterstützung.

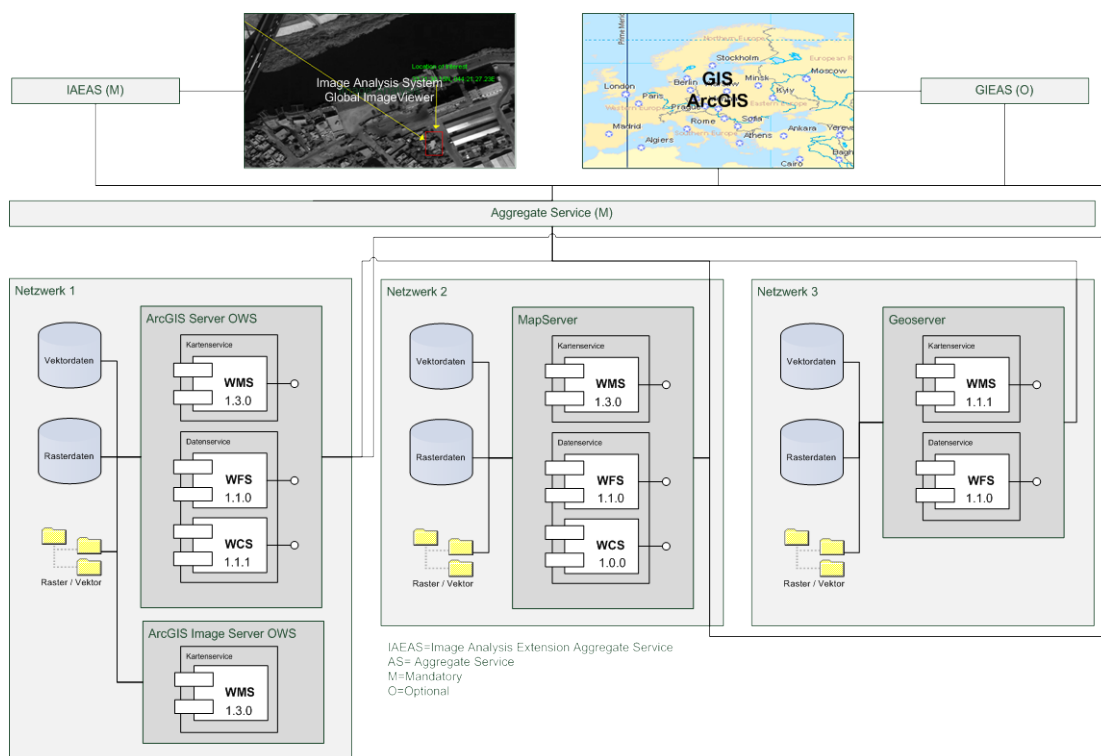










Abbildung 6.2: Übersicht der Systemkomponenten und deren OWS-Unterstützung

Die primären Tests wurden im Netzwerk 1 auf der Basis des GIS Produkts ArcGIS und des Image Analysis Systems Global ImageViewer durchgeführt. Eine Einschränkung ist, dass Global ImageViewer derzeit nur die WMS-Schnittstelle unterstützt. Die OWS werden von ArcGIS Server und ArcGIS Image Server bereitgestellt. Als Alternative zu ArcGIS wurden auf der Clientseite auch GeoMedia Professional und Quantum GIS (QGIS) eingesetzt. Es wurden Testdaten der Firma ESRI und Overwatch Geospatial des Stadtgebiets von Boston, Massachusetts, in den USA verwendet (vgl. Tabelle 6.1).

Tabelle 6.1: Testprojekt ArcGIS Server/ArcGIS Image Server

Daten	Beschreibung
	<p><b>Feature Daten:</b> USA Map - Ausschnitt Boston - 27 Feature Classes (GIS Daten)</p> <p><b>BoundingBox:</b> -71.1000,42.3300,-71.0000,42.4050 (CRS=WGS84)</p> <p><b>Koordinatendifferenzen:</b> D(X)=0,1000 D(Y)=0,0750</p> <p><b>Image Size:</b> x=800 px / y=600 px</p>

Daten	Beschreibung				
	<p><i>Imagery Daten:</i>  NITF Boston  - 4 NITF Images  - Mosaikiert</p>				
Name	Type	Status	Instances (In Use/Running)	Permissions	Edit
   	Map Service	Started	0/1		
Description: Source: C:\DemoDaten\GIS_Imagery\ArcGISServer\USA Base Map.mxd Capabilities: Map Service, WMS, KML Pooling: Pooled Startup: Automatic					


### 6.3 Evaluierung der OGC Web Services

Die bereits in Kapitel 4.6.4 theoretisch betrachteten OWS (WMS, WFS, WCS, WCPS und WPS) werden hier auf Anwendbarkeit und Tauglichkeit für die Bildanalyse überprüft. Auf den CSW wird an dieser Stelle nicht detaillierter eingegangen, da CSW nicht Gegenstand der Untersuchungen ist und die Evaluierung auf die Services beschränkt ist, die Geodaten, GIS- oder Analysefunktionalitäten zur Verfügung stellen. Gegenstand der Evaluierung ist der in Abbildung 5.3 exemplarisch dargestellte Prozess der Materialbestellung.

#### 6.3.1 Web Map Service (WMS)

Die Aufgabe des WMS besteht in diesem Falle darin, für die Bildanalyse ein Lagebild zur Verfügung zu stellen. Die entsprechenden Requests (vgl. Kap. 4.6.6 ff), die für die Erstellung des Lagebildes notwendig sind, können der Tabelle C. 1 der Anlage entnommen werden. Die Tabelle 6.2 zeigt das Ergebnis und das Lagebild.

Tabelle 6.2: Ergebnisse der WMS-Operationen

Operation	Ergebnisse	Erläuterungen																				
GetMap		<i>Ergebnis:</i> statische Karte mit Raster- und Vektordaten;																				
GetFeatureInfo	<table border="1"> <thead> <tr> <th>OBJECTID</th> <th>Shape</th> <th>NAME</th> <th>CLASS</th> <th>ST</th> <th>STFIPS</th> <th>PLACEFIP</th> <th>HOUSEUNITS</th> <th>POP2000</th> <th>POP_CLASS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>9447</td> <td>NULL</td> <td>Boston</td> <td>city</td> <td>MA</td> <td>25</td> <td>07000</td> <td>251935</td> <td>589141</td> <td>9</td> </tr> </tbody> </table>	OBJECTID	Shape	NAME	CLASS	ST	STFIPS	PLACEFIP	HOUSEUNITS	POP2000	POP_CLASS	9447	NULL	Boston	city	MA	25	07000	251935	589141	9	
OBJECTID	Shape	NAME	CLASS	ST	STFIPS	PLACEFIP	HOUSEUNITS	POP2000	POP_CLASS													
9447	NULL	Boston	city	MA	25	07000	251935	589141	9													

### 6.3.1.1 Leistungsmerkmale WMS

Die Tabelle 6.3 zeigt eine Zusammenfassung der für die Datenaufbereitung und Datennutzung notwendigen Maßnahmen auf der Seite des Servers und des Clients sowie der spezifischen Eigenschaften und Anwendungsmöglichkeiten des WMS.

Tabelle 6.3: WMS Interoperabilität (Server und Client)

Aufgabe	Bemerkungen
<b>Server</b>	
Vektordaten:	Räumlicher Zugriff auf Vektordaten empfehlenswert;
Rasterdaten:	Räumlicher Zugriff und Bildpyramiden für Rasterdaten empfehlenswert;
Metainformationen:	-
<b>Client</b>	
Karte:	Das Ergebnis ist ein Picture (GIF, PNG, JPEG, TIFF) oder Graphic Element (SVG, WebCGM);
Auflösung:	Variabel, in der Regel 96 dpi;
Typ:	Variabel, in der Regel RGB/24 Bit;
Geodaten:	Vektordaten; Rasterdaten; Kombination von Vektor- und Rasterdaten;
Metadaten:	GetFeatureInfo liefert Informationen zu den Features; GetCapabilities liefert eine Beschreibung der Services und Informationen zu den Layers;
Selektionsebene:	Layer;
Symbolisierung:	Symbolisierung des Quellsystems wird übernommen; Symbolisierung kann durch SLD beeinflusst werden (setzt jedoch WFS oder WCS voraus); Transparenz nur bedingt hilfreich; Transparent=True gibt die Karte mit einem transparenten Hintergrund zurück;
Erweiterte Funktionen:	-
Anwendungsgebiet:	Erstellung statischer Karten und Lagebilder; Hintergrundinformation bei der Bildanalyse; Fusion von Vektor- und Rasterdaten; ad hoc Kartenausschnitte; Kartenserver für Rasterarchive; Evaluierung von Rasterarchiven;
Einschränkungen:	Keine Erfassungs- und Editiermöglichkeiten; kaskadierende Darstellung mehrerer WMS führt zu Darstellungsproblemen; transparente Darstellung von Features nur eingeschränkt möglich; transparente Darstellung von Rasterdaten vielfach nicht möglich; Maßstabstufen der Layer lassen sich nachträglich nicht verändern; GetFeatureInfo abhängig von den Maßstabstufen; Einschränkungen bei der Druckausgabe insofern, dass oftmals die von einem WMS stammenden Daten nicht gedruckt werden können, da die Auflösung des Bildes für einen Druck im Client nicht ausreicht;
Sonstiges:	Datenquellen und Systeme werden gekapselt;

Der WMS fungiert als Schnittstelle zum Server (vgl. Abbildung 4.2) und kapselt die Datenquellen und Systeme. Wie die Daten gehalten und aufbereitet werden, ist vom

WMS unabhängig. Das bedeutet, dass die Einsatzmöglichkeit eines WMS nicht allein von den Leistungsmerkmalen der Schnittstelle, sondern auch entscheidend von der Leistungsfähigkeit des Softwareproduktes abhängig ist, das den WMS zur Verfügung stellt. Eine in der Praxis oft gestellte Frage, ob z. B. ein WMS mosaikierte Bilder anzeigen kann, stellt sich eigentlich nicht. Das Mosaikieren von Bildern ist nicht Aufgabe eines WMS, sondern Aufgabe der Serversoftware.

Die Tests haben auch gezeigt, dass bei Zugriffen auf große Rasterdaten, die keine Bildpyramiden beinhalten, massive Performanceprobleme auftreten können. Daher ist die ordnungsgemäße und fachgerechte Aufbereitung der serverseitigen Daten von erheblicher Bedeutung für die Performance eines WMS. Es gilt auch zu berücksichtigen, dass die Rasterdaten von den serverseitig eingesetzten Systemen unterschiedlich unterstützt werden. So wird z. B. die interne JPEG2000 Kompression bei einem NITF 2.1 Image von einem ArcGIS 9.3 oder ArcGIS Server 9.3 nicht berücksichtigt. Bilder mit einer solchen Kompression werden entsprechend langsam verarbeitet, es sei denn, es werden proprietäre ESRI-spezifische Bildpyramiden erzeugt.

### **6.3.1.2 Anwendungsmöglichkeiten WMS**

Ein WMS bietet gute Möglichkeiten, auf dezentrale heterogene Daten zurückzugreifen, ohne diese aufwendig importieren zu müssen. Einer der Hauptanwendungsbereiche eines WMS ist das Einbinden von Karten. So eignet sich ein WMS auch für ein Image Analysis System, um z. B. schnell und einfach auf GIS-Daten zuzugreifen. Wird die Operation GetFeatureInfo unterstützt, so kann ein Client, vorausgesetzt der Client unterstützt ebenfalls diese Funktionalität, auf Featureinformationen zugreifen. Da die Integration technisch einfach ist, unterstützen viele GIS und Image Analysis Systeme entsprechende WMS-Schnittstellen.

Allerdings gibt es eine Reihe von Einschränkungen. Das Ergebnis einer WMS-GetMap Operation (vgl. Kap. 4.6.6.2) ist ein Bild. Die vom Server zum Client übertragenen Rasterdaten verfügen nur über eine geringe Auflösung (vgl. Tabelle 6.3). Für die clientseitige Visualisierung einer Karte ist diese Auflösung ausreichend. Sollen die von einem WMS gelieferten Rasterdaten für speziellere Aufgaben der Bildanalyse verwendet werden, so reicht die Auflösung des Bildes oftmals nicht aus. Die Operationen der Bildverarbeitung/Bildanalyse setzen in der Regel das Originalbild oder zumindest ein Bild in einer deutlich höheren Auflösung voraus.

Bei jeder Veränderung des Bildausschnittes am Client erfolgt in der Regel eine neue GetMap Anfrage an den Server. Dadurch sind dynamische Funktionalitäten wie z. B. Autopan (automatische Verfolgung eines Pfades) nur eingeschränkt möglich. Die Überlagerung mehrerer WMS kann ebenso wie die Überlagerung eines WMS mit eigenen Informationen Probleme verursachen. Die überlagernde Visualisierung ist nur eingeschränkt möglich. Die Darstellung kaskadierender WMS verursacht ebenfalls Probleme. Es ist möglich, die Transparenz für die Hintergrundkarte festzulegen. Spezifische Definitionen von Transparenz pro Layer sind jedoch nicht möglich. Das Layout eines WMS-Layers kann mit SLD (vgl. Kap. 4.6.7) angepasst werden, wenn der Server die optionale Erweiterung des WMS unterstützt. Die Visualisierung größerer Bilddatenbestände auf der Basis eines WMS ist problemlos möglich, insofern der Server über geeignete Instrumente verfügt, die Bilddatenbestände performant zur Verfügung zu stellen.

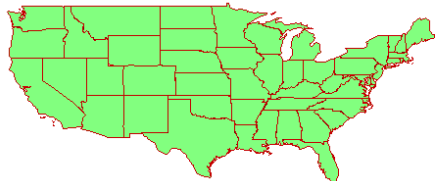
### 6.3.2 Web Feature Service (WFS)

Der *Web Feature Service* ermöglicht es dem Client, Features von einem WFS Server abzurufen (vgl. Kap. 4.6.8). Gegenüber dem WMS hat der WFS jedoch den entscheidenden Vorteil, dass auf der Seite des Clients Features nicht nur als Bild, sondern auch als Geometrien bereitgestellt werden können. Auf dem Client kann somit auf Geometrien und Attribute zugegriffen werden. Ein WFS kann somit auch ergänzend zum WMS eingesetzt werden. Über die optionale Erweiterung WFS-T können Transaktionen mit dem Server ausgeführt werden. Das ermöglicht das Erfassen, Editieren und Löschen von Geometrien und Attributen. Ein WFS ermöglicht das Speichern der Analyseergebnisse in einer übergeordneten Geodateninfrastruktur.

Ein WFS kapselt ebenfalls die Datenquellen und Systeme, sodass die Schnittstelle universell einsetzbar ist. Ein weiterer Vorteil beim Einsatz eines WFS ist die Möglichkeit, auf der Basis des Filter Encoding Standard (vgl. 4.6.9) serverseitig räumliche Filter und Attributfilter auszuführen. Die entsprechenden Operationen, die notwendig sind, um die Featuredaten zu laden, können der Tabelle C. 2 des Anhangs entnommen werden. Die Tabelle 6.4 zeigt das in einem WFS-Client visualisierte Ergebnis eines GetFeature-Requests.



Tabelle 6.4: Ergebnisse der WFS-Operationen

Operation	Ergebnisse	Erläuterungen
GetFeature		<i>Ergebnis:</i> Das Ergebnis der Operation ist eine GML-Datei mit Features.

### 6.3.2.1 Leistungsmerkmale WFS

Die Tabelle 6.5 zeigt eine Zusammenfassung der für die Datenaufbereitung und Datennutzung notwendigen Maßnahmen auf der Seite des Servers und des Clients sowie der spezifischen Eigenschaften und Anwendungsmöglichkeiten des WFS.

Tabelle 6.5: WFS Interoperabilität (Server und Client)

Aufgabe	Bemerkungen
<b>Server</b>	
Vektordaten:	Räumlicher Zugriff auf Vektordaten empfehlenswert;
Rasterdaten:	-
Metainformationen:	-
<b>Client</b>	
Karte:	Vektordaten;
Auflösung:	-
Typ:	GML;
Geodaten:	Vektordaten;
Metadaten:	DescribeFeatureType liefert Informationen zu den Feature Types und beschreibt die Struktur der Feature Types; GetCapabilities liefert eine Beschreibung des Services und Informationen zu den Feature Types;
Selektionsebene:	Layer; Features; räumliche und attributive Selektion von Features;
Symbolisierung:	Visualisierung der Features kann am Client mit den Werkzeugen des Clients erfolgen; erweiterte Visualisierung durch Nutzung von SLD-WMS möglich;
Erweiterte Funktionen:	Erzeugen, Löschen und Editieren von Features mit WFS-T möglich;
Anwendungsgebiet:	Erfassen, editieren, löschen und analysieren von Features; Speichern von Ergebnissen der Bildanalyse in der GDI/SDI, Symbolisierung von Features; räumliche und attributive Abfrage von Features;
Einschränkungen:	Visualisierung der Features wird nicht übertragen; in Abhängigkeit vom angeforderten Datenvolumen bzw. der Ausdehnung des Gebiets teilweise langes Antwortverhalten beim Client beim Laden der Features; clientseitiges Rendern von GML dauert zum Teil sehr lange; Maßstabstufen der Layers können auch hier zu Einschränkungen beim Zugriff und bei der Abfrage von Daten führen;
Sonstiges:	Quelldaten und Systeme werden gekapselt;

### 6.3.2.2 Einsatzmöglichkeiten WFS

WFS bietet erweiterte Möglichkeiten, auf Features zuzugreifen. Der WFS ist auf den Zugriff von Features beschränkt. Ein WFS kann auch in Kombination mit einem WMS erweiterte Funktionalitäten zur Verfügung stellen (vgl. Kap. 4.6.7). Aus der Sicht der Bildanalyse ist es jedoch wichtiger, dass mittels WFS und FES (vgl. Kap. 4.6.9) räumliche Filter und Attributfilter auf den Datenbestand angewandt werden können und mittels WFS-T (vgl. Kap. 4.6.8.7) Transaktionen mit dem Server auszuführen sind.


WFS-T stellt dem Anwender somit einen schreibenden Zugriff auf dezentrale heterogene Datenbestände zur Verfügung. Die Symbolisierung der Quelldaten wird beim WFS nicht mit übertragen, kann jedoch mit den Mitteln der Clients bearbeitet werden. Darüber hinaus kann ein WFS auch in Kombination mit einem WMS eingesetzt werden, um auf die Darstellungen des Quellsystems zurückgreifen zu können. In Kombination mit einem SLD-WMS kann auch die Visualisierung der Daten mittels SLD gesteuert werden (vgl. Kap. 4.6.7).

Vorteilhaft beim WFS ist auch, dass Quelldaten und Systeme gekapselt werden. Die Tests haben jedoch auch gezeigt, dass es bei der Abfrage größerer Datenmengen recht schnell zu Performanceproblemen kommen kann. Das clientseitige Rendern der GML-Daten kann ebenfalls etwas Zeit in Anspruch nehmen, da es sich bei GML um ein textbasiertes Datenformat handelt.

### 6.3.3 Web Coverage Service (WCS)

Der Web Coverage Service ermöglicht den Zugriff auf Rasterdaten. Im Rahmen der Bildanalyse soll der WCS den Zugang zu größeren Rasterdatenarchiven ermöglichen und dem Anwender Bilddaten einschließlich der ursprünglichen Semantik zur Verfügung stellen (vgl. Kap. 4.6.10). Auch das Extrahieren von Ausschnitten aus größeren Bilddatenbeständen sowie die Reprojektion von Bilddaten sind Funktionalitäten, die im Rahmen der Bildanalyse eingesetzt werden können. Die entsprechenden Requests (vgl. Kap. 4.6.6), die hierfür notwendig sind, können der Tabelle C. 3 des Anhangs entnommen werden. Die Tabelle 6.6 zeigt das Ergebnis eines solchen Requests.

Tabelle 6.6: Ergebnisse der WCS-Operationen

Operation	Ergebnisse	Erläuterungen
GetCoverage		<i>Ergebnis:</i> Das Ergebnis der Operation ist ein Bild mit der ursprünglichen Semantik.

### 6.3.3.1 Leistungsmerkmale WCS

Die Tabelle 6.7 zeigt eine Zusammenfassung der wesentlichen Merkmale zur Interoperabilität auf der Basis eines WCS.

**Tabelle 6.7: WCS Interoperabilität (Server und Client)**

Aufgabe	Bemerkungen
<b>Server</b>	
Vektordaten:	-
Rasterdaten:	Räumlicher Zugriff und Bildpyramiden für Rasterdaten empfehlenswert;
Metainformationen:	-
<b>Client</b>	
Karte:	Ergebnis ist ein Rasterbild;
Auflösung:	Auflösung entspricht der des Originalbildes;
Typ	GeoTIFF, NITF, HDF, JPEG, JPEG2000, PNG (variiert auch nach Serversoftware);
Geodaten:	Raster;
Metadaten:	DescribeCoverage liefert Informationen zum Coverage; GetCapabilities liefert eine Beschreibung der Services und Informationen zu den Layers;
Selektionsebene:	Layer (Image), Kanäle und Bänder, Bildausschnitt;
Symbolisierung:	Visualisierungsmöglichkeiten durch Nutzung von SLD-WMS;
Erweiterte Funktionen:	Extrahieren von Bildausschnitten, Reprojektion von Bilddaten;
Anwendungsgebiet:	Zugriff auf Rasterdatenarchive; Erstellung von Bildausschnitten; Reprojektion von Rasterdaten;
Einschränkungen:	Keine Bearbeitungs- und Editiermöglichkeiten; Überlagerung unterschiedlicher WCS führt zu Darstellungsproblemen;
Sonstiges:	Quelldaten und Systeme werden gekapselt; Semantik bleibt erhalten;

### 6.3.3.2 Anwendungsmöglichkeiten WCS

Einer der Hauptvorteile des WCS ist die Möglichkeit des Zugriffs auf die Originaldaten oder Teile der Originaldaten einschließlich der Semantik. Neben den räumlichen Zugriffsmöglichkeiten berücksichtigt die Spezifikation des WCS auch die Dimension Zeit. Der Zugriff auf einzelne Kanäle und Bänder der Datenquelle bietet darüber hinaus weitere individuelle Möglichkeiten.

Ein WCS eignet sich auch für die Reprojektion von Quelldaten. Damit lassen sich Daten schnell von einer Projektion in eine andere überführen. Ein WCS kann darüber hinaus durchaus die Aufgabe eines Service für den Download von Images aus einem Rasterdatenarchiv übernehmen. Somit ermöglicht der WCS auch den Zugriff auf Teile größerer Rasterbilder, die so als Ausschnitt zum Client übertragen werden können.

Für den Bereich der Bildanalyse ist es z. B. denkbar, für die Evaluierung des Bildmaterials einen WMS einzusetzen, bevor mittels des WCS die gewünschten Bildausschnitte aus einem Rasterbild angefordert und extrahiert werden. Eine weitere wichtige Eigenschaft des WCS ist, dass die Daten einschließlich der Semantik erhalten bleiben. So würde z. B. ein WMS Digital Terrain Elevation Data (DTED) eines Servers

mit einem Farbwert versehen und direkt als Bild anzeigen, wohingegen der WCS ein Bild mit den korrekten Höhenwerten liefern würde.

Geht es um die Verarbeitung von Rasterdaten und den Zugriff auf größere Rasterdatenarchive, dann bietet ein WCS für die Bildanalyse ausreichende Möglichkeiten. In Kombination mit dem neuen WCPS hat der Anwender darüber hinaus auf der Grundlage einer einheitlichen Anfragesprache für Rasterdaten die Möglichkeit, ad hoc Anfragen auf Rasterdaten und Rasterdatenarchive auszuführen. In Kombination mit WCPS besteht somit die Möglichkeit, Rasteroperationen serverseitig auszuführen und bestehende wiederkehrende Workflows besser zu unterstützen.

### **6.3.4 Web Coverage Processing Service (WCPS)**

Der WCPS (vgl. Kap.4.6.11) steht im Rahmen der Testumgebung noch nicht für die Evaluierung zur Verfügung, da es sich beim WCPS um eine gerade erst verabschiedete Implementation Specification der OGC handelt. Auf der Webseite Earthlook<sup>16</sup> der Jacobs University Bremen besteht jedoch die Möglichkeit, auf der Basis einer Testimplementierung einen Einblick in die Funktionsweise eines WCPS zu erhalten und anhand vordefinierter Abfragen die Möglichkeiten dieses Services zu testen.

Die Anwendungsmöglichkeiten für einen WCPS sind sehr vielseitig. Der WCPS erweitert den WCS um entsprechende Verarbeitungsfunktionalitäten. Damit können z. B. bildbezogene Berechnungen oder auch die Bildung von Ausschnitten vorgenommen werden. Für die Bildanalyse bietet WCPS ebenfalls gravierende Vorteile, da mittels WCPS ad hoc Anfragen auf Bildmaterial sowie die serverseitige Bildverarbeitung/Bildanalyse möglich ist.

### **6.3.5 Web Processing Service (WPS)**

Aufgrund der nicht oder nur sehr eingeschränkt vorhandenen GIS- und Analysefunktionalitäten bei Image Analysis Produkten kann ein Web Processing Service dazu genutzt werden, solche ergänzenden Funktionalitäten zur Verfügung zu stellen. WPS bietet die Möglichkeit, auf der Basis eines OWS eine Vielzahl von GIS- und Analysefunktionalitäten umzusetzen. Beispiele sind z. B. Verschneidungen, Aggregationen, Spatial Joins, Erreichbarkeitsanalysen aber auch spezielle für die

---

<sup>16</sup> <http://www.earthlook.org/>

Bildanalyse wichtige Fragestellungen, wie. z. B. Distanz- und Sichtbarkeitsanalysen. Fehlende GIS- und Analysefunktionalitäten können somit durch Einbindung eines WPS kompensiert werden. Eine solche Integration ist jedoch eher programmatisch zu sehen. Die eingesetzte Testumgebung beinhaltet keine Implementierung eines WPS. Daher wurde für die Evaluierung ein öffentlich zur Verfügung stehender Testserver<sup>17</sup> der Research Group Cartography der Universität Bonn genutzt.

### 6.3.5.1 Leistungsmerkmale WPS

Die Tabelle 6.8 zeigt eine Zusammenfassung der wesentlichen Merkmale zur Interoperabilität auf der Basis eines WFS.

**Tabelle 6.8: WPS Interoperabilität (Server und Client)**

Aufgabe	Bemerkungen
<b>Server</b>	
Vektordaten:	Möglich;
Rasterdaten:	Möglich;
Metainformationen:	Möglich;
<b>Client</b>	
Karte:	Variiert;
Auflösung:	Variiert;
Typ:	Variiert;
Geodaten:	Vektordaten; Rasterdaten; sonstige Daten (z. B. mathematische Berechnungen etc.);
Metadaten:	DescribeProcess liefert die Beschreibung eines Prozesses; GetCapabilities liefert eine Beschreibung der Services und der zur Verfügung stehenden Operationen;
Selektionsebene:	Variiert;
Symbolisierung:	-
Funktionen:	Variieren je nach Implementierung; Funktionalitäten können individuell erweitert werden;
Anwendung:	Berechnungen, GIS- und Analysefunktionalitäten, Wrapper für individuelle Anwendungen, Möglichkeit der Orchestrierung von OWS;
Einschränkungen:	Derzeit kaum Einschränkungen, da sehr generische Definition;
Sonstiges:	Quelldaten und Systeme werden gekapselt; wrappen von nicht webfähigen Softwareprodukten;

### 6.3.5.2 Anwendungsmöglichkeiten WPS

Ein WPS (vgl. Kap. 4.6.12) bietet die Möglichkeit, GIS- und Analysefunktionalitäten zur Verfügung zu stellen. Damit bietet sich dieser OWS an, Image Analysis Systeme um anwendungsspezifische Funktionalitäten zu ergänzen. Image Analysis Systeme verfügen in der Regel nicht über umfangreiche GIS- und Analysefunktionalitäten. Eine einfache Verschneidung von zwei Polygonen ist somit auf der Basis eines Image Analysis Systems in der Regel nicht möglich. Ein WPS hingegen kann eine solche Verschneidung von zwei Polygonen ausführen, wenn für den WPS z. B. die Operation Intersection zur Verfügung steht. In diesem Falle gibt die GetCapabilities-Anfrage an

<sup>17</sup> <http://www.opengeoprocessing.org/>

den Server als Antwort zurück, dass eine Operation Intersection zur Verfügung steht. Die DescribeProcess Operation beschreibt die für die Operation Intersection notwendigen Eingangsgeometrien (Polygon A und Polygon B) und das für die Ausgabe zu verwendende Datenformat (GML 2.2 oder GML 3.1). Das Ergebnis der Verschneidung ist ein Polygon in einem zuvor definierten Ausgabeformat. Dieses Ergebnis kann als eine Ressource abgespeichert werden, die vom Client über das Web aufgerufen werden kann. Bei diesem Prozess wird die eigentliche Verschneidung der beiden Polygone durch die Operation Execute ausgeführt.

Möglich ist auch, die beiden zu verschneidenden Polygone und die Information, dass das Ergebnis in einer durch das Web zugreifbaren Ressource gespeichert werden soll, direkt in eine Anfrage an den Server einzubetten. Ist die Operation erfolgreich beendet, wird eine XML-Datei mit einer Zusammenfassung der Operation an den Client gesendet. Treten während der Operation Fehler auf, so erfolgt die Ausgabe der Fehler ebenfalls im XML-Format am Client (vgl. Open Geospatial Consortium, Inc. 2007d).

Die Definition des WPS ist sehr generisch (Open Geospatial Consortium, Inc. 2007d). Theoretisch können beliebige Operationen durch einen WPS als Web Service zur Verfügung gestellt werden. Ein großer Vorteil ist, dass die Funktionen für den WPS individuell erweiterbar sind. Operationen können zentral auf einem Server für alle Anwender zur Verfügung gestellt werden. Auch Operationen anderer Server können aufgerufen werden.

Die durch einen WPS zur Verfügung gestellten Funktionalitäten beschränken sich nicht allein auf GIS- und Analysefunktionalitäten. Bildverarbeitungsfunktionalitäten oder mathematische Berechnungen sind ebenfalls möglich. Da jedoch auch bei einem WPS die Daten zwischen Client und Server ausgetauscht werden müssen, wird neben der Rechnerleistung des Servers, auf dem die Operationen ausgeführt werden, auch die Bandbreite des Netzwerkes und die Menge der zu übertragenden Daten entscheidend für die Nutzbarkeit eines solchen Services sein.

### **6.3.6 Gegenüberstellung der Ergebnisse**

Die Tabelle 6.9 stellt exemplarisch die Einsatzmöglichkeiten von OWS für die klassischen Aufgaben der Bildanalyse gegenüber und vermittelt einen Eindruck, welche OWS zur Lösung der in der Tabelle dargestellten Aufgaben eingesetzt werden können.

Damit stellt die Tabelle 6.9 grundlegende Informationen für die Aggregation von OWS zur Verfügung.

**Tabelle 6.9: Einsatzmöglichkeiten von OWS für Image Analysis Aufgaben**

Beschreibung	WMS	WFS	WCS	WCPS	WPS
<b>Datenzugriff</b>					
Vektordaten	X	X	-	-	X <sup>5</sup>
Rasterdaten	X	-	X	X	X <sup>5</sup>
Metadaten/Attributdaten	X <sup>1</sup>	X	X <sup>2</sup>	X <sup>2</sup>	X <sup>5</sup>
Layer	X	X	X	X	X <sup>5</sup>
Features	-	X	-	-	X <sup>5</sup>
<b>Nutzung der Daten</b>					
Hintergrundinformation	X	-	-	-	-
Symbolisierung der Daten des Quellsystems	X	-	-	-	-
Dynamic Range Adjustment (DRA)	-	-	X	-	-
Spektrale Analyse	-	-	X	-	-
Change Detection	-	-	X	-	-
Stereobilder	-	-	X	-	-
Compare Funktionen	-	-	X	-	-
<b>Speicherung der Daten</b>					
Features	-	X	-	-	X <sup>5</sup>
Images	-	-	X <sup>6</sup>	-	X <sup>5</sup>
Metadaten	-	X	-	-	X <sup>5</sup>
Annotationen	-	X	-	-	X <sup>5</sup>
<b>Funktionalitäten</b>					
Filterung	-	X	X <sup>3</sup>	-	X <sup>5</sup>
Räumliche Analysen	-	X <sup>3</sup>	-	-	X <sup>5</sup>
Tracking	-	-	-	-	X <sup>5</sup>
Hot-Spot Analysen	-	-	-	-	X <sup>5</sup>
Image Processing	-	-	X <sup>4</sup>	X	X <sup>5</sup>
<b>Datenexport</b>					
KML	-	-	-		X <sup>5</sup>
GML	-	X	-		X <sup>5</sup>
<sup>1</sup> GetFeatureInfo (optional); <sup>2</sup> Nutzung falls Metadaten im Datenbestand vorhanden sind; <sup>3</sup> möglich mit Einschränkungen; <sup>4</sup> möglich in Kombination mit WCPS; <sup>5</sup> Implementierung als Prozess möglich; <sup>6</sup> Planung;					

## 6.4 Aggregate Services

Die Funktionsweise des zuvor beschriebenen Aggregate Service kann an dieser Stelle nicht direkt evaluiert werden, da keine softwaretechnische Implementierung der konzeptionellen Ansätze aus Kapitel 5 erfolgt ist. Die Funktions- und Arbeitsweise des Aggregate Services wurde bereits in Kapitel 5.5 dargestellt. Im Rahmen der in der Arbeit beschriebenen Ausgangssituation kann ein solcher Aggregate Service für die prozessorientierte Bildanalyse genutzt werden, indem die zuvor beschriebenen OWS mit ihren spezifischen Eigenschaften zusammengefügt werden.

Im Einzelfall ist das abhängig von den individuellen Anforderungen. Ein solcher Service kann z. B. neben seiner Funktion als Wrapper für OWS auch wiederum von

anderen Services aufgerufen werden und somit als Teil einer SOA genutzt werden. Damit kann ein Aggregate Service sehr gut in bestehende Workflows eingebunden werden. Die in Kapitel 5.5 beschriebene Operation GetMaterial (vgl. Abbildung 5.5) kann genutzt werden, um Daten für die Bildanalyse zur Verfügung zu stellen. Auf der anderen Seite kann eine solche GetMaterial-Operation aber auch im Rahmen eines Geschäftsprozesses dazu verwendet werden, um die benötigten Daten im Rahmen einer Materialbestellung zusammenzustellen und auf einer Ressource bereitzustellen.

Die in Kapitel 4.6.4 ff identifizierten Operationen der OWS zeigen deutlich die Leistungsmerkmale dieser Technologie. Aufgabenspezifische Lösungen lassen sich unter Kenntnis der Operationen der OWS schnell aggregieren. Handelt es sich z. B. um fest definierte aufgabenspezifische Anforderungen, dann lassen sich diese teilweise mit wenigen Zeilen Code abbilden. Erste eigene explorative prototypische Umsetzungen haben gezeigt, dass sich entsprechende Szenarien schnell realisieren lassen.

Da OWS in der Regel nicht abwärts kompatibel sind, ist bei der Implementierung der OWS auf die jeweilige verwendete Version zu achten. Das bedeutet, dass für den Fall, dass unterschiedliche Versionen der OWS verwendet werden, der Aggregate Service diese unterschiedlichen Versionen berücksichtigen muss.



## **7 Schlussbetrachtungen und Ausblick**

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Interoperabilität zwischen GIS und Image Analysis Systemen im Sicherheitsmanagement. Zur Überwindung der Heterogenität von Datenquellen und Systemen wurden unterschiedliche Verfahren und Methoden betrachtet und diskutiert. Zur Herstellung von Interoperabilität verfolgen OGC Web Services einen anderen Ansatz als die vorrangig bei der Bildverarbeitung/Bildanalyse eingesetzten Verfahren der Geodatenintegration. Nicht die Beschreibung des Datenformats für den Austausch, sondern die Beschreibung von Schnittstellen für den Zugriff auf unterschiedliche Datenquellen ist das Ziel der OGC Web Services. Die Eigenschaften der OGC Web Services wurden analysiert und auf Tauglichkeit für den Einsatz bei der Bildanalyse hin überprüft. Das im Rahmen der Arbeit erstellte Konzept für eine serviceorientierte interoperable GIS-/Image Analysis Lösung auf der Basis aggregierter OGC Web Services beschreibt die Vorgehensweise bei der Aggregation von OGC Web Services. Damit lassen sich aufgabenspezifische Anforderungen der Bildanalyse durch den Einsatz eines Aggregate Services prozessorientiert abbilden. Die Evaluierung, Analyse und Verifizierung der OGC Web Services für die Bildanalyse sowie die Überprüfung der konzeptionellen Ansätze der Aggregation von OGC Web Services schließen die Arbeit ab.

### **7.1 Zusammenfassung der Ergebnisse**

Im Sicherheitsmanagement sind der zeitnahe Zugriff, die zeitnahe Erfassung und die zeitnahe Bereitstellung von räumlichen Informationen und Verarbeitungsprozessen von großer Bedeutung. Interoperabilität ist dabei eine der wichtigsten Fähigkeiten, um Heterogenität und Dezentralität zu überwinden. OGC-Standards, speziell die OGC Web Services, sind eine wichtige Grundlage, um dieses Ziel zu erreichen. Die im Rahmen dieser Arbeit beschriebenen Verfahren ermöglichen es dem Anwender, das jeweils für die Aufgabenstellung am besten geeignete System einzusetzen. Proprietäre Koppelungen von GIS und Image Analysis Systemen lassen sich durch weitestgehend standardisierte Verfahren ersetzen. Aggregierte OGC Web Services ermöglichen den Aufbau von Lösungen, bei denen nicht mehr zwangsläufig zwei unterschiedliche Systeme für die Bildanalyse eingesetzt werden müssen. Darüber hinaus lassen sich durch die Nutzung von entsprechenden Verarbeitungsdiensten für die Bildanalyse Funktionalitäten zur Verfügung stellen, die klassischerweise in diesen Systemen nicht zur Verfügung stehen.

In Bezug auf die aufgestellten Hypothesen (vgl. Kap. 1.2) und die Zielsetzungen (vgl. Kap. 1.5) der Arbeit, lassen sich die folgenden Ergebnisse zusammenfassen:

- OGC Web Services eignen sich für den interoperablen Zugriff auf dezentrale heterogene Datenquellen und Systeme für GIS und Image Analysis Systeme.
- Die speziellen Anforderungen der Bildanalyse lassen sich durch den Einsatz unterschiedlicher OGC Web Services unterstützen.
- OGC Web Services können Image Analysis Systeme um GIS- und Analysefunktionen ergänzen.
- OGC Web Services können dafür eingesetzt werden, bestehende Unzulänglichkeiten bei der Visualisierung von GIS-Daten in Image Analysis Systemen zu verbessern.
- Die Komplexität der einzelnen Prozesse der Bildanalyse erfordert die Aggregation von OGC Web Services zu höherwertigen Diensten.
- Die Aggregation von OGC Web Services stellt eine Lösungsmöglichkeit dar, GIS- und Image Analysis Systeme im Rahmen der Bildanalyse getrennt voneinander einzusetzen. Proprietäre Koppelungen von GIS-/und Image Analysis Produkten sind bei dieser Lösung nicht mehr zwangsläufig notwendig.
- Aggregate Services können in serviceorientierte Architekturen eingebunden werden und ermöglichen die prozessorientierte Bildanalyse.

Es ist jedoch klar herauszustellen, dass die Erstellung von aggregierten OGC Web Services technisch durchaus aufwendig sein kann. Damit ein Aggregate Service für die eigenständige Nutzung von Image Analysis Systemen eingesetzt werden kann, müssen Operationen der OGC Web Services implementiert werden. Dies verlangt detaillierte Kenntnisse der zu implementierenden OGC Web Services. Hinzu kommt, dass unterschiedliche Versionen der OGC Web Services berücksichtigt werden müssen.

## **7.2 Ausblick**

Im Rahmen der Arbeit wurden die aktuellen Entwicklungen im Bereich der Standardisierung der OGC intensiv analysiert. Die OGC entwickelt und definiert keine neuen Basistechnologien, sondern setzt auf bestehenden IT-Standards auf. Daher ist zu erwarten, dass sich die kommenden neuen Standardisierungen eng an den Entwicklungen der IT-Technologie orientieren werden. Die Unterstützung von SOAP

und WSDL ist daher auch für die OGC Web Services von entscheidender Bedeutung, um die direkte Integration in allgemeine IT-Technologien zu ermöglichen.

Bildanalyseprodukte unterstützen die OGC-Standards bisher nur sehr rudimentär. Hier gibt es einen erheblichen Nachholbedarf. Die OGC Web Services WCPS und WPS bieten Möglichkeiten, GIS-, Analyse- und Bildverarbeitungsfunktionalitäten für anwendungsspezifische Prozesse zur Verfügung zu stellen. Für den Bereich der Bildverarbeitung/Bildanalyse sind die Möglichkeiten, die der neue WCPS bietet, eine effektive Möglichkeit für eine serverseitige Bildverarbeitung/Bildanalyse.

Eine detailliertere Betrachtung des WCPS und die Untersuchung der Integration anwendungsspezifischer Prozesse in die Workflows der Bildverarbeitung/Bildanalyse sind nur zwei von vielen Möglichkeiten einer Fortsetzung dieser Arbeit.

## Literaturverzeichnis

- ALBERTZ, J., 2007. Einführung in die Fernerkundung. Grundlagen der Interpretation von Luft- und Satellitenbildern. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- ANDRAE, C., 2008. OpenGIS essentials. Spatial Schema - ISO 19107 und ISO 19137 vorgestellt und erklärt. Heidelberg: Herbert Wichmann Verlag.
- BÄHR, H. P. and VÖGTLE, T., eds., 2005. Digitale Bildverarbeitung. Anwendungen in Photogrammetrie, Fernerkundung und GIS. Heidelberg: Herbert Wichmann Verlag.
- BAUMANN, P., 2007. Zur Standardisierung von Geo-Rasterdiensten – Interoperable Mehrwertdienste für große Rasterarchive. GIS Zeitschrift für Geoinformatik (7), 6–12.
- BAUMANN, P., 2008. Standardisierte Mehrwertdienste für GMES-, In Situ- und Simulationsdaten. zfv-Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement, 133 (4), 262–265.
- BERNARD, L., CROMPVOETS, J. and FITZKE, J., 2005. Geodateninfrastrukturen – ein Überblick. In: BERNARD, Lars et al., eds. Geodateninfrastruktur. Grundlagen und Anwendungen. Heidelberg: Herbert Wichmann Verlag, pp. 3–8.
- BERNARD, L. et al., eds., 2005. Geodateninfrastruktur. Grundlagen und Anwendungen. Heidelberg: Herbert Wichmann Verlag.
- BLASCHKE, T. et al., 2007. GMES: FROM RESEARCH PROJECTS TO OPERATIONAL ENVIRONMENTAL MONITORING SERVICES. ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences (XXXVI-1/W51).
- BRAUNER, J., 2008. Anbindung von GIS-Funktionalitäten an eine Geodateninfrastruktur über eine Web Processing Service Schnittstelle. GIS Zeitschrift für Geoinformatik (3), 18–24.
- BRINKHOFF, T. et al., 2008. Offenes Katastrophenmanagement mit freiem GIS – zur interoperablen Kopplung von Leitstellensystemen, mobilen Clienten und GDI Prozessierungsdiensten. In: STROBL, Josef, BLASCHKE, Thomas and GRIESEBNER, Gerald, eds. Angewandte Geoinformatik 2008. Beiträge zum 20. AGIT-Symposium Salzburg: Herbert Wichmann Verlag, pp. 756–765.
- BRINKHOFF, T., 2005. Geodatenbanksysteme in Theorie und Praxis. Einführung in objektrelationale Geodatenbanken unter besonderer Berücksichtigung von Oracle Spatial: Herbert Wichmann Verlag.
- DEPARTMENT OF DEFENSE, 2006. National Imagery Transmission Format Version 2.1 (NITF). for the National Transmission Imagery Standard. Department of Defense. Available at: <<http://www.gwg.nga.mil/ntb/baseline/docs/2500c/2500C.pdf>> [Accessed at 23 July 2009].
- DONAUBAUER, A. Josef, 2004. Interoperable Nutzung verteilter Geodatenbanken mittels standardisierter Geo Web Services. Dissertation. Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen. Technischen Universität München. Available at: <<http://mediatum2.ub.tum.de/node?id=601056>> [Accessed at 17 July 2009].
- EHLERS, M., 2007. Neue Sensoren in der Fernerkundung. GIS Business Geoinformationstechnologie in der Praxis (12), 29–32.

- FINGER, P., 2009. SOA und WebServices. Berlin, Heidelberg: Springer.
- HEIER, C. and KIEHLE, C., 2005. Standardisierte Geodatenverarbeitung im Internet – der OGC Web Processing Service. GIS Zeitschrift für Geoinformatik (6), 39–43.
- HUBER, U. W., 2002. Das Referenz-Geoinformationssystem „Nationalpark Bayerischer Wald“, eine fachübergreifende Forschungsplattform für die Geoinformatik. Dissertation. Institut für Geodäsie, GIS und Landmanagement. Technische Universität München. Available at: <[http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dokserv?idn=964337835&dok\\_var=d1&dok\\_ext=pdf&filename=964337835.pdf](http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dokserv?idn=964337835&dok_var=d1&dok_ext=pdf&filename=964337835.pdf)> [Accessed at 23 June 2009].
- INTERNATIONAL ORGANISATION FOR STANDARDIZATION, 2009. About ISO. ISO. Available at: <<http://www.iso.org/iso/about.htm>> [Accessed at 31 March 2009].
- JÄGER, C. and WEIDENHAGEN, A., 2008. Orchestrierung von Web Services. Available at: <[http://www.htw-dresden.de/~fegis/DA/DA\\_JAEGER\\_WEIDENHAGEN\\_2008/index.html](http://www.htw-dresden.de/~fegis/DA/DA_JAEGER_WEIDENHAGEN_2008/index.html)> [Accessed at 15 June 2009].
- KIEHLE, C., GREVE, K. and HEIER, C., 2006. Standardized Geoprocessing - Taking Spatial Data Infrastructures one Step Further. Available at: <<http://www.agile2006.hu/papers/a273.pdf>> [Accessed at 19 June 2009].
- KOORDINIERUNGSSTELLE GDI-DE, 2007. Geodienste im Internet. ein Leitfaden. Available at: <[http://geoportal.bkg.bund.de/nn\\_32724/SharedDocs/Publikationen/DE/Dokumente/Leitfaden.html\\_\\_nnn=true](http://geoportal.bkg.bund.de/nn_32724/SharedDocs/Publikationen/DE/Dokumente/Leitfaden.html__nnn=true)> [Accessed at 12 June 2009].
- KRAFZIG, D., BANKE, K. and SLAMA, D., 2007. Enterprise SOA. Best Practices für Serviceorientierte Architekturen - Einführung, Umsetzung, Praxis: mitp/bhv.
- MATHEUS, A., 2004. Geo Web Services. Sicherheit und Zugriffskontrolle. Münster: Westfälische Wilhelms-Universität Münster. 26. April.
- NETWORK WORKING GROUP, 1999a. Hypertext Transfer Protocol -- HTTP/1.1. POST. Available at: <<http://tools.ietf.org/html/rfc2616#section-9.5>> [Accessed at 09 July 2009].
- NETWORK WORKING GROUP, 1999b. Hypertext Transfer Protocol -- HTTP/1.1. GET. Available at: <<http://tools.ietf.org/html/rfc2616#section-9.3>> [Accessed at 09 July 2009].
- OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM, INC., 2003a. OGC Reference Model. Version: 0.1.3. OGC 03-040. Available at: <[http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact\\_id=3836](http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=3836)> [Accessed at 17 July 2009].
- OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM, INC., 2005a. OpenGIS® Filter Encoding Implementation Specification. Version: 1.1.0. OGC 04-095. Available at: <<http://www.opengeospatial.org/standards/filter>> [Accessed at 17 July 2009].
- OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM, INC., 2005b. Web Feature Service Implementation Specification. Version: 1.1.0. OGC 04-094. Available at: <<http://www.opengeospatial.org/standards/wfs>> [Accessed at 17 July 2009].
- OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM, INC., 2006a. GML in JPEG 2000 for Geographic Imagery (GMLJP2) Encoding Specification. Version: 1.0.0. OGC 05-

- 047r3. Open Geospatial Consortium, Inc. Available at:  
<<http://www.opengeospatial.org/standards/gmljp2>> [Accessed at 16 December 2008].
- OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM, INC., 2006b. OpenGIS Web Map Service (WMS) Implementation Specification. Version: 1.3.0. OGC 06-042. Open Geospatial Consortium, Inc. Available at: <<http://www.opengeospatial.org/standards/wms>> [Accessed at 17 July 2009].
- OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM, INC., 2006c. Symbology Encoding Implementation Specification. Version: 1.1.0 (revision 4). Open Geospatial Consortium, Inc. Available at: <<http://www.opengeospatial.org/standards/symbol>> [Accessed at 17 July 2009].
- OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM, INC., 2007a. OGC Web Services Common Specification. Version: 1.1.0 with Corrigendum 1. OGC 06-121r3. Available at: <[http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact\\_id=20040](http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=20040)> [Accessed at 30 June 2009].
- OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM, INC., 2007b. OpenGIS Geography Markup Language (GML) Encoding Standard. Version: 3.2.1. OGC 07-036. Open Geospatial Consortium, Inc. Available at: <<http://www.opengeospatial.org/standards/gml>> [Accessed at 08 February 2009].
- OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM, INC., 2007c. OpenGIS Styled Layer Descriptor Profile of the Web Map Service Implementation Specification. Version: 1.1.0 (revision 4). OGC 05-078r4. Open Geospatial Consortium, Inc. Available at: <<http://www.opengeospatial.org/standards/sld>> [Accessed at 14 December 2008].
- OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM, INC., 2007d. OpenGIS® Web Processing Service. Version: 1.0.0. OGC 05-007r7. Available at: <[http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact\\_id=24151](http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=24151)> [Accessed at 17 July 2009].
- OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM, INC., 2008a. OGC Reference Model. Version: 2.0. OGC 08-062r4. Available at: <[http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact\\_id=31112](http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=31112)> [Accessed at 17 July 2009].
- OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM, INC., 2008b. OGC® KML. Version: 2.2.0. OGC 07-147r2. Open Geospatial Consortium, Inc. Available at: <[https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact\\_id=27810](https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=27810)> [Accessed at 17 July 2009].
- OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM, INC., 2008c. OWS 5 SOAP/WSDL Common Engineering Report. Version: 0.1.0. OGC 08-009r108-009r1. Available at: <[http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact\\_id=26521](http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=26521)> [Accessed at 15 June 2009].
- OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM, INC., 2008d. Web Coverage Service (WCS) Implementation Standard. Version: 1.1.2, Version 1.1 Corrigendum 2 release. 07-067r5. Open Geospatial Consortium, Inc. Available at: <<http://www.opengeospatial.org/standards/wcs>> [Accessed at 17 July 2009].
- OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM, INC., 2003b. Web Coverage Service (WCS), Version 1.0.0. Version: 1.0.0. OGC 03-065r6. Available at: <[http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact\\_id=3837](http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=3837)> [Accessed at 17 July 2009].

- OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM, INC., 2008e. Wrapping OGC HTTP-GET/POST Services with SOAP. 07-158. Available at: <[http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact\\_id=25280](http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=25280)> [Accessed at 17 July 2009].
- OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM, INC., 2009a. About OGC. Open Geospatial Consortium, Inc. Available at: <<http://www.opengeospatial.org/ogc>> [Accessed at 17 July 2009].
- OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM, INC., 2009b. OpenGIS® Standards and Specifications. Available at: <<http://www.opengeospatial.org/standards>> [Accessed at 09 July 2009].
- OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM, INC., 2009c. Web Coverage Processing Service (WCPS) Language Interface Standard. Version: 1.0.0. OGC 08-068r2. Open Geospatial Consortium, Inc. Available at: <[http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact\\_id=32319](http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=32319)> [Accessed at 17 July 2009].
- PICHLER, G. and KLOPFER, M., 2005. Spezifikation und Standardisierung - OGC, OGC Europe, ISO. In: BERNARD, Lars et al., eds. Geodateninfrastruktur. Grundlagen und Anwendungen. Heidelberg: Herbert Wichmann Verlag, pp. 9–17.
- RICHARDS, J. A. and JIA, X., 2005. Remote Sensing Digital Image Analysis. An Introduction: Springer Berlin.
- SCHIMAK, G. et al., 2005. ORCHESTRA – Entwicklung einer offenen, serviceorientierten Architektur für das Risikomanagement in Europa. In: STROBL, Josef and ROTH, Cornelius, eds. GIS und Sicherheitsmanagement: Herbert Wichmann Verlag, pp. 8–15.
- SHI, W., 2004. Zum modellbasierten Austausch von Geodaten auf Basis XML. Dissertation. Fakultät. für Bauingenieur- und Vermessungswesen. Universität der Bundeswehr München [Accessed at 09 July 2009].
- STOLLBERG, B. et al., 2007. Geoprozessierung in Geodateninfrastrukturen – Aufgaben für die nächste Generation. GIS Zeitschrift für Geoinformatik (4), 22–27.
- STOLLBERG, B. and ZIPF, A., 2007. Einsatz des OGC Web Processing Service für das Katastrophenmanagement. Das Szenario Bombenfund. Available at: <<http://www.geographie.uni-bonn.de/karto/DeegreeDay07.WPS.abstract.final.pdf>> [Accessed at 15 June 2009].
- W3C, 2004. Web Services Glossary. Available at: <<http://www.w3.org/TR/ws-gloss/>> [Accessed at 03 July 2009].
- WEISER, A., NEIS, P. and ZIPF, A., 2006. Orchestrierung von OGC Web Diensten im Katastrophenmanagement. am Beispiel eines Emergency Route Service auf Basis der OpenLS Spezifikation. GIS Zeitschrift für Geoinformatik (9), 35–41.
- WEISER, A. and ZIPF, A., 2007. Web Service Orchestration of OGC Web Services for Disaster Management. Available at: <[http://www.geographie.uni-bonn.de/karto/WSO\\_of\\_OWS\\_Weiser\\_Zipf\\_FullPaper\\_2007-02-15\\_finalVersion\\_S008.pdf](http://www.geographie.uni-bonn.de/karto/WSO_of_OWS_Weiser_Zipf_FullPaper_2007-02-15_finalVersion_S008.pdf)> [Accessed at 19 June 2009].
- WERNECKE, J., 2008. The KML handbook. Geographic visualization for the Web. Boston, Mass., London: Addison-Wesley.

WORLD WIDE WEB CONSORTIUM, 2009a. Extensible Markup Language (XML).

Available at: <<http://www.w3.org/XML/>> [Accessed at 09 July 2009].

WORLD WIDE WEB CONSORTIUM, 2009b. World Wide Web Consortium. World

Wide Web Consortium. Available at: <[www.w3.org](http://www.w3.org)> [Accessed at 31 March 2009].



## Anlage A

### Glossar und Abkürzungsverzeichnis

<b>Begriff</b>	<b>Erläuterung</b>
Annotationen	Vektordaten, Texte und Symbole zur Darstellung eines Sachverhaltes
API	Application Programming Interface
ArcGIS	Geoinformationssystem der Firma ESRI
ArcGIS Image Server	Image Server der Firma ESRI
ArcGIS Server	GIS Server Anwendung der Firma ESRI
Bildanalyst	Anwender für die Bildanalyse
Bildauswerter	Anwender für die Bildauswertung
BOS	Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben
BPEL	Die Business Process Execution Language ist eine XML-basierte Sprache zur Beschreibung von Geschäftsprozessen.
CGI	Common Gateway Interface
Coverages	Oberflächen; OGC verwendet den Begriff auch für Rasterdaten
CPS	Coverage Portrayal Services
CQL	Common Query Language
CRS	Coordinate Reference System
CSW	Catalogue Service Web
De-facto-Standards	Standards aus der Praxis
De-jure-Standards	Offizielle Standards
DEM	Digital Elevation Model
DIGEST	Digital Geographic Information Exchange Standard, ein Transferformat der NATO
DoD	Departement of Defense
Domäne	Bereich
DTED	Digital Terrain Elevation Model
EDBS	Einheitliche Datenbankschnittstelle, ein Transferformat der deutschen Vermessungs- und Katasterverwaltungen
EPSG	European Petroleum Survey Group
ERDAS APOLLO	Geospatial Business System for Managing and Serving Information der Firma ERDAS
ERDAS IMAGINE	Bildverarbeitung-/Bildanalysesystem der Firma Erdas
EU	Europäische Union
Features	Abstraktion eines realen weltlichen Phänomens
Fernerkundung	Verfahren zur Gewinnung von Informationen über die Erdoberfläche.
FGDC	U.S. Federal Geographic Data Committee
FME	Feature Manipulation Engine ist ein Programmsystem der Firma Safe, das nach dem Ansatz der Geodatenintegration arbeitet.
FPS	Feature Portrayal Services
GDI	Geodateninfrastruktur
Geo Processing	Geoverarbeitung
GeoMedia	Geoinformationssystem der Firma Intergraph
Geoserver	Web GIS Anwendung für die Veröffentlichung von Geodaten.
GIS	Geografisches Informationssystem, Geoinformationssystem
Global ImageViewer	Image Analysis System der Firma Overwatch Geospatial

<b>Begriff</b>	<b>Erläuterung</b>
GMES	Global Monitoring for Environment and Security
GML	Geography Markup Language
GSDI	Global Spatial Data Infrastructure
HTML	Hypertext Markup Language
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
Hyperlink	Verknüpfung eines elektronischen Dokuments
IA	Image Analysis System
IC	Intelligence Community
Image Analysis	Bildanalyse
Image Analyst	Bildanalyst
Image Processing	Bildverarbeitung
ImageScout	Produktsuite der Firma Intergraph
INSPIRE	Infrastructure for Spatial Information in the European Community
ISO	International Organization for Standardization
IT	Informationstechnik
JPEG	Joint Photographic Experts Group
JPEG2000	Joint Photographic Experts Group 2000
Kaskadierte WMS	Hintereinandergeschaltete WMS
KVP	Key Value Pair
Lagebild	Darstellung aufgabenspezifischer Situationen mit unterschiedlichen Bezügen
Layer	Ebene im GIS zur Anzeige eines GIS-Datensatzes
Link	Kurzform von Hyperlink
Metadaten	Beschreibung von Informationen über Daten
MIL-STD	Militärischer Standard
MIME	Multipurpose Internet Mail Extensions
NATO	North Atlantic Treaty Organization
NITF	National Imagery Transmission Format
OASIS	Open Advanced System for Disaster and Emergency Management
Offlinemodus	Es besteht keine Netzwerkverbindung.
OGC	Open Geospatial Consortium, Inc.
OK-GIS	Offenes Katastrophenmanagement mit Open Source GIS
OMG	Object Management Group
ORCHESTRA	Forschungsprojekt der EU für Risikomanagement
Orchestrierung	Ein Vorgang, bei dem verschiedene Services zu einem komplexeren Service zusammengefasst werden.
Orthorektifizierung	Eliminierung geometrischer Verzerrungen in Bilddaten
OSF	OWS Service Framework
OWS	OGC Web Services
Proprietär	Bezeichnung für herstellereigene Produkte, Systeme oder Verfahren
Proxy	Proxy ist ein Vermittler in einem Netzwerk und nimmt Anfragen entgegen und baut dann über die eigene Adresse eine Verbindung mit der Gegenseite auf.
Quasi-Standards	Standards aus der Praxis
RDBMS	Relational Database Management System
RemoteView	Image Analysis System der Firma Overwatch Geospatial
ROI	Region Of Interest
Sanitarisierung	Eliminierung von eingestuften Informationen aus digitalen Datenbeständen, um eine Weitergabe der Grunddaten zu ermöglichen.

<b>Begriff</b>	<b>Erläuterung</b>
SDI	Spatial Data Infrastructure
SE	OpenGIS® Symbology Encoding Specification
Semantik	Bedeutung von Sätzen und Wörtern
Service	Ermöglicht flexible Koppelung verteilter Anwendungen und Systeme.
SFS	Simple Feature Specification for SQL
SLD	Styled Layer Descriptors
SOA	Service-oriented Architecture ist ein Konzept für eine Softwareinfrastruktur und basiert auf Geschäftsprozessen.
SOAP	Simple Object Access Protocol (ursprünglich) ist ein Protokoll für die Interaktion von Web Services.
SQL	Structured Query Language
SVG	Scalable Vector Graphics ist ein XML-basierender Standard für zweidimensionale skalierbare Vektorgrafiken.
Syntax	Bedeutung für sprachlich korrekte Verknüpfung
TC	Technical Committee
Thick Clients	Verarbeitung der Daten erfolgt auf dem Client, der oftmals auch die grafische Oberfläche zur Verfügung stellt. Ein Thick Client wird auch als Fat Client bezeichnet und ist das Gegenteil eines Thin Clients.
Thin Clients	Clients, deren funktionale Ausstattung auf die Ein- und Ausgabe beschränkt ist. Ein Thin Client ist das Gegenteil eines Thick Clients.
TIFF	Tagged Image File Format (TIFF) ist ein Bildverarbeitungsstandard (ISO 12639).
UML	Unified Modeling Language
UMN MapServer	Web GIS Anwendung für die Veröffentlichung von Geodaten.
URL	Uniform Resource Locator
W3C	World Wide Web Consortium
WCS	Web Coverage Service
Web Service	Kopplung verteilter Systeme und Anwendungen über das Internet.
WFS	Web Feature Service
WMS	Web Map Service
WSC	World Standards Cooperation
WSDL	Web Services Description Language ist eine XML-basierte Sprache zur Beschreibung der Eigenschaften eines Web Services.
WSF	Web Service Framework
WWW	World Wide Web
XLink	Xlink ist eine attributbasierte Syntax zur Definition von Links in XML-Dokumenten
XML	Extensible Markup Language
XPath	XML Path Language
XSD	XML Schema Definition

## Anlage B

### OpenGIS Standards und Spezifikationen

Tabelle B.1: OpenGIS Standards und Spezifikationen

OpenGIS Standards und Spezifikationen	Kurzbezeichnung	Version	Dokument #	Type
Catalogue Services Specification	CAT	2.0.2	07-006r1	Implementation Specification
City Geography Markup Language	CityGML	1.0.0	08-007r1	Encoding Standard
Coordinate Transformation Services	CT	1.00	01-009	Implementation Specification
Filter Encoding Implementation Specification	FES	1.1.0	04-095	Implementation Specification
Geographic Objects	GOS	1.0.0	03-064r10	Implementation Specification
Geography Markup Language	GML	3.2.1	07-036	Encoding Standard
Geospatial eXtensible Access Control Markup Language (GeoXACML)	GeoXACML	1.0	07-026r2	Implementation Specification
GML in JPEG 2000		1.0.0	05-047r3	Encoding Specification
Grid Coverage Service		1.0	01-004	Implementation Specification
KML	KML	2.2.0	07-147r2	Encoding Standard
Location Services (OpenLS)	OpenLS	1.2.0	07-074	Implementation Specification
Observations and Measurements	O&M	1.0	07-022r1	Implementation Standard
Sensor Model Language	SensorML	1.0.0	07-000	Implementation Standard
Sensor Observation Service	SOS	1.0.0	06-009r6	Implementation Standard
Sensor Planning Service	SPS	1.0	07-014r3	Implementation Standard
Simple Features	SFS	1.2.0	06-103r3	Implementation Specification
Simple Features CORBA		1.1	99-054	Implementation Specification
Simple Features OLE/COM		1.1	99-050	Implementation Specification
Simple Features SQL		1.2.0	06-104r3	Implementation Specification
Styled Layer Descriptor	SLD	1.1.0	05-078r4	Implementation Specification
Symbology Encoding	SES	1.1.0	05-077r4	Implementation Specification
Transducer Markup Language	TML	1.0.0	06-010r6	Implementation Specification
Web Coverage Service	WCS	1.1.2	07-067r5	Implementation Specification
Web Feature Service	WFS	1.1	04-094	Implementation Specification
Web Map Context		1.1	05-005	Implementation Specification
Web Map Service	WMS	1.3.0	06-042	Implementation Specification
Web Processing Service	WPS	1.0.0	05-007r7	Implementation Specification
Web Service Common	WS-Common	1.1.0	06-121r3	Implementation Specification

## Übersicht von Produkten und Quellen für die Integrationen von OWS

Nachfolgend einige Beispiele und Verweise auf Internetseiten für Produkte, die im Rahmen dieser Arbeit als Basis für OWS betrachtet wurden.

**Tabelle B.2: Produktübersicht OWS**

OpenGIS Web Service / Produkt	Webseite	Bemerkung
<b>Web Map Service (WMS):</b>		
UMN MapServer	<a href="http://mapserver.org">http://mapserver.org</a>	
Geoserver	<a href="http://www.geoserver.org">www.geoserver.org</a>	
ArcGIS Server	<a href="http://www.esri.com">www.esri.com</a>	
<b>Web Feature Service (WFS)</b>		
UMN MapServer	<a href="http://mapserver.org">http://mapserver.org</a>	
Geoserver	<a href="http://www.geoserver.org">www.geoserver.org</a>	
ArcGIS Server	<a href="http://www.esri.com">www.esri.com</a>	
<b>Web Coverage Service (WCS)</b>		
UMN MapServer	<a href="http://mapserver.org">http://mapserver.org</a>	
ArcGIS Server	<a href="http://www.esri.com">www.esri.com</a>	
<b>Web Coverage ProcessingService (WPCS)</b>		
Earthlook	<a href="http://www.earthlook.org">http://www.earthlook.org</a>	Basiert auf rasdaman
<b>Web Processing Service (WPS)</b>		
Deegree	<a href="http://www.deegree.org">www.deegree.org</a>	
Research Group Cartography	<a href="http://www.opengeoprocessing.org">http://www.opengeoprocessing.org</a>	Basiert auf Deegree
Geoserver	<a href="http://www.geoserver.org">www.geoserver.org</a>	
52°North	<a href="http://52north.org/">http://52north.org/</a>	

## Anlage C

### OWS - Evaluierung und Beispiele

#### WMS-Requests

Tabelle C. 1: WMS-Requests und Ergebnisse / Version 1.3.0

Request
<b>GetCapabilities</b> http://promegis-m4400/ArcGIS/services/USA_MAP/MapServer/WMServer? VERSION=1.3.0& SERVICE=WMS& REQUEST=GetCapabilities
<b>(Auszug GetCapabilities-Dokument)</b> <pre> &lt;?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?&gt; &lt;WMS_Capabilities version="1.3.0" xmlns="http://www.opengis.net/wms" xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" xsi:schemaLocation="http://www.opengis.net/wms http://schemas.opengis.net/wms/1.3.0/capabilities_1_3_0.xsd"&gt;   &lt;Service&gt;     &lt;Name&gt;USA_MAP&lt;/Name&gt;     &lt;Title&gt;USA_MAP&lt;/Title&gt;     &lt;Abstract&gt;WMS&lt;/Abstract&gt;     ...   &lt;Capability&gt;     ...     &lt;Request&gt;       &lt;GetCapabilities&gt;         &lt;Format&gt;application/vnd.ogc.wms_xml&lt;/Format&gt;         &lt;Format&gt;text/xml&lt;/Format&gt;         &lt;DCPType&gt;           &lt;HTTP&gt;&lt;Get&gt;&lt;OnlineResource xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink" xlink:type="simple" xlink:href="http://promegis-m4400/ArcGIS/services/USA_MAP/MapServer/WMServer"/&gt;&lt;/Get&gt;&lt;/HTTP&gt;         &lt;/DCPType&gt;       &lt;/GetCapabilities&gt;       &lt;GetMap&gt;         &lt;Format&gt;image/bmp&lt;/Format&gt;         &lt;Format&gt;image/jpeg&lt;/Format&gt;         &lt;Format&gt;image/tiff&lt;/Format&gt;         &lt;Format&gt;image/png&lt;/Format&gt;         &lt;Format&gt;image/gif&lt;/Format&gt;         &lt;Format&gt;image/svg+xml&lt;/Format&gt;         &lt;DCPType&gt;           &lt;HTTP&gt;&lt;Get&gt;&lt;OnlineResource xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink" xlink:type="simple" xlink:href="http://promegis-m4400/ArcGIS/services/USA_MAP/MapServer/WMServer"/&gt;&lt;/Get&gt;&lt;/HTTP&gt;         &lt;/DCPType&gt;       &lt;/GetMap&gt;     ...     &lt;Layer&gt;       &lt;Title&gt;USA Base Map Data&lt;/Title&gt;       &lt;CRS&gt;CRS:84&lt;/CRS&gt;       &lt;CRS&gt;EPSG:4326&lt;/CRS&gt;       &lt;EX_GeographicBoundingBox&gt;         &lt;westBoundLongitude&gt;-180.000000&lt;/westBoundLongitude&gt;         &lt;eastBoundLongitude&gt;180.000000&lt;/eastBoundLongitude&gt;         &lt;southBoundLatitude&gt;-1.331671&lt;/southBoundLatitude&gt;         &lt;northBoundLatitude&gt;90.000000&lt;/northBoundLatitude&gt;       &lt;/EX_GeographicBoundingBox&gt;       &lt;BoundingBox CRS="CRS:84" minx="-180.000000" miny="-1.331671" maxx="180.000000" maxy="90.000000"/&gt;       &lt;BoundingBox CRS="EPSG:4326" minx="-1.331671" miny="-180.000000" maxx="90.000000" maxy="180.000000"/&gt;     &lt;/Layer&gt;     ...     &lt;Layer&gt;       &lt;Title&gt;Background&lt;/Title&gt;       &lt;Abstract&gt;Background&lt;/Abstract&gt;       &lt;CRS&gt;CRS:84&lt;/CRS&gt;       &lt;CRS&gt;EPSG:4326&lt;/CRS&gt;       &lt;EX_GeographicBoundingBox&gt;         &lt;westBoundLongitude&gt;-180.000000&lt;/westBoundLongitude&gt;         &lt;eastBoundLongitude&gt;180.000000&lt;/eastBoundLongitude&gt;         &lt;southBoundLatitude&gt;-90.000000&lt;/southBoundLatitude&gt;         &lt;northBoundLatitude&gt;90.000000&lt;/northBoundLatitude&gt;       &lt;/EX_GeographicBoundingBox&gt;       &lt;BoundingBox CRS="CRS:84" minx="-180.000000" miny="-90.000000" maxx="180.000000" maxy="90.000000"/&gt;       &lt;BoundingBox CRS="EPSG:4326" minx="-90.000000" miny="-180.000000" maxx="90.000000" maxy="180.000000"/&gt;     &lt;/Layer&gt;   &lt;/WMS_Capabilities&gt; </pre>
<b>GetMap</b> http://promegis-m4400/ArcGIS/services/USA_MAP/MapServer/WMServer? VERSION=1.3.0& SERVICE=WMS& REQUEST=GetMap& STYLES=&FORMAT=image/png& CRS=CRS:84& LAYERS=33,34,35,36,40,41,53& BBOX=-71.1000,42.3300,-71.0000,42.4050& WIDTH=800&HEIGHT=600&

**Request**

BGCOLOR=0x000000&  
 TRANSPARENT=TRUE&EXCEPTIONS=XML

**GetFeatureInfo**

http://promegis-m4400/ArcGIS/services/USA\_MAP/MapServer/WMServer?  
 VERSION=1.3.0&  
 SERVICE=WMS&REQUEST=GetFeatureInfo&  
 CRS=CRS:84&  
 LAYERS=12&  
 BBOX=-71.1000,42.3300,-71.0000,42.4050&  
 WIDTH=800&HEIGHT=600  
 &INFO\_FORMAT=text/html  
 &FEATURE\_COUNT=1&  
 QUERY\_LAYERS=12&X=400&Y=300  
 EXCEPTIONS=XML

**GetFeatureInfo**

OBJECTID	Shape	NAME	CLASS	ST	STFIPS	PLACEFIP	HOUSEUNITS	POP2000	POP_CLASS	POP00_SQMI	SQMI	Shape_Length	Shape_Area
9447	NULL	Boston	city	MA	25	07000	251935	589141	9	11900,1	49,51	1,78173860464584	1,40020537830801E-02

**SLD**

http://promegis-m4400/ArcGIS/services/USA\_MAP/MapServer/WMServer?  
 VERSION=1.3.0&  
 SERVICE=WMS&  
 REQUEST=GetMap&  
 STYLES=pointSymbol&  
 FORMAT=image/png&  
 CRS=CRS:84&  
 LAYERS=53&  
 BBOX=-71.1000,42.3300,-71.0000,42.4050&  
 WIDTH=800&HEIGHT=600&  
 BGCOLOR=0x000000&  
 TRANSPARENT=TRUE&  
 SLD=C:\DemoDaten\GIS\_Imagery\ArcGISServer\usa\SLD\pointSymbol.xml&  
 EXCEPTIONS=XML

**(SLD-Datei pointSymbol.xml)**

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<sld:StyledLayerDescriptor version="1.0.0" xmlns="http://www.opengis.net/ogc" xmlns:sld="http://www.opengis.net/sld"
xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc" xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml"
xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" xsi:schemaLocation="http://www.opengis.net/sld
http://schemas.opengis.net/sld/1.0.0/StyledLayerDescriptor.xsd">
<!--
USA MAP
http://promegis-m4400/ArcGIS/services/USA_MAP/MapServer/WMServer?
-->
<sld:NamedLayer>
<!-- layer "2" is the "cities" point layer in the WMS service -->
<sld:Name>53</sld:Name>
<sld:UserStyle>
<!-- style should be applied on layer "53", reference the style by it's name "pointSymbol" -->
<sld:Name>pointSymbol</sld:Name>
<sld:Title>pointSymbol</sld:Title>
<sld:FeatureTypeStyle>
<sld:Rule>
<sld:PointSymbolizer>
  <sld:Graphic>
    <sld:Mark>
      <!-- uses a circle to mark a POI -->
      <sld:WellKnownName>circle</sld:WellKnownName>
      <!-- fill circle with color #666666 -->
      <sld:Fill>
        <sld:CssParameter name="fill">#666666</sld:CssParameter>
        <sld:CssParameter name="fill-opacity">1</sld:CssParameter>
      </sld:Fill>
    </sld:Mark>
  </sld:Graphic>
</sld:PointSymbolizer>
</sld:Rule>
</sld:FeatureTypeStyle>
</sld:UserStyle>
</sld:NamedLayer>
</sld:StyledLayerDescriptor>
```

Request
<pre> &lt;!-- circle boundary with color #666666 --&gt; &lt;sld:Stroke&gt;   &lt;sld:CssParameter name="stroke"&gt;#666666&lt;/sld:CssParameter&gt;   &lt;sld:CssParameter name="stroke-opacity"&gt;1&lt;/sld:CssParameter&gt;   &lt;sld:CssParameter name="stroke-width"&gt;1&lt;/sld:CssParameter&gt; &lt;/sld:Stroke&gt; &lt;/sld:Mark&gt; &lt;!-- circle opacity 1.0 --&gt; &lt;sld:Opacity&gt;1&lt;/sld:Opacity&gt; &lt;!-- circle size "3" --&gt; &lt;sld:Size&gt;10&lt;/sld:Size&gt; &lt;sld:Rotation&gt;0&lt;/sld:Rotation&gt; &lt;/sld:Graphic&gt; &lt;/sld:PointSymbolizer&gt; &lt;/sld:Rule&gt; &lt;/sld:FeatureTypeStyle&gt; &lt;/sld:UserStyle&gt; &lt;/sld:NamedLayer&gt; &lt;/sld:StyledLayerDescriptor&gt; </pre>

## WFS-Requests

Tabelle C. 2: WFS-Requests und Ergebnisse / Version 1.1.0

Request
<b>GetCapabilities</b> http://promegis-m4400/ArcGIS/services/USA_MAP/MapServer/WFSServer? VERSION=1.1.0& SERVICE=WFS& REQUEST=GetCapabilities
<b>DescribeFeatureType</b> http://promegis-m4400/ArcGIS/services/USA_MAP/MapServer/WFSServer? VERSION=1.1.0& SERVICE=WFS& REQUEST=DescribeFeatureType& TYPENAME=& OUTPUTFORMAT=text/xml; subtype=gml/3.1.1
<b>GetFeature</b> http://promegis-m4400/ArcGIS/services/USA_MAP/MapServer/WFSServer? REQUEST=GetFeature& Version=1.1.0& SERVICE=WFS& TYPENAME=USA_MAP:States__State_& PROPERTYNAME=& BBOX=-71.1000,42.3300,-71.0000,42.4050 (Anwendung eines Filters „Massachusetts“ auf die Feature Class ‚USA_MAP:States__State_‘)
http://promegis-m4400/ArcGIS/services/USA_MAP/MapServer/WFSServer? VERSION=1.1.0& SERVICE=WFS& REQUEST=GetFeature& TYPENAME=USA_MAP:States__State_& Filter=<Filter><PropertyIsEqualTo><PropertyName>STATE_NAME</PropertyName> <Literal>Massachusetts</Literal></PropertyIsEqualTo></Filter>

## WCS-Requests

Tabelle C. 3: WCS-Requests und Ergebnisse / Version 1.1.1

Request
<b>GetCapabilities</b> http://promegis-m4400/ArcGIS/services/USA_MAP/MapServer/WCSServer? VERSION=1.1.1& SERVICE=WCS& REQUEST=GetCapabilities (Auszug GetCapabilities-Dokument)
<pre> &lt;?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?&gt; &lt;Capabilities xmlns="http://www.opengis.net/wcs/1.1"   xmlns:ows="http://www.opengis.net/ows"   xmlns:owcs="http://www.opengis.net/wcs/1.1/ows"   xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"   xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink"   xsi:schemaLocation="http://www.opengis.net/wcs/1.1 ../wcsGetCapabilities.xsd http://www.opengis.net/wcs/1.1/ows   ../owsDataIdentificaiton.xsd" version="1.1.0"&gt;   &lt;owcs:ServiceIdentification&gt; </pre>



**Request**

```

<ows:Title>USA_MAP</ows:Title>
<ows:Keywords>
</ows:Keywords>
<owcs:ServiceType>WCS</ows:ServiceType>
<ows:ServiceTypeVersion>1.0.0</ows:ServiceTypeVersion>
<ows:ServiceTypeVersion>1.1.0</ows:ServiceTypeVersion>
<ows:ServiceTypeVersion>1.1.1</ows:ServiceTypeVersion>
<ows:Fees>None</ows:Fees>
<ows:AccessConstraints>NONE</ows:AccessConstraints>
</ows:ServiceIdentification>
<ows:ServiceProvider>
...
<ows:Parameter name="AcceptVersions">
  <ows:AllowedValues>
    <ows:Value>1.0.0</ows:Value>
    <ows:Value>1.1.0</ows:Value>
    <ows:Value>1.1.1</ows:Value>
  </ows:AllowedValues>
</ows:Parameter>
...
</ows:Operation>
<ows:Operation name="DescribeCoverage">
...
<ows:Operation name="GetCoverage">
...
<ows:Parameter name="format">
  <ows:AllowedValues>
    <ows:Value>image/GeoTIFF</ows:Value>
    <ows:Value>image/NITF</ows:Value>
    <ows:Value>image/JPEG</ows:Value>
    <ows:Value>image/PNG</ows:Value>
    <ows:Value>image/JPEG2000</ows:Value>
    <ows:Value>image/HDF</ows:Value>
  </ows:AllowedValues>
</ows:Parameter>
...
<CoverageSummary>
  <ows:Title>Boston_1.ntf_1</ows:Title>
  <ows:Abstract></ows:Abstract>
  <ows:WGS84BoundingBox>
    <ows:LowerCorner>-71.099003000375049 42.331997749718717</ows:LowerCorner>
    <ows:UpperCorner>-71.050996999624957 42.368002250281286</ows:UpperCorner>
  </ows:WGS84BoundingBox>
  <Identifier>1</Identifier>
</CoverageSummary>
<CoverageSummary>
...
</CoverageSummary>
<SupportedCRS>urn:ogc:def:crs:EPSG::4326</SupportedCRS>
<SupportedFormat>image/GeoTIFF</SupportedFormat>
<SupportedFormat>image/NITF</SupportedFormat>
<SupportedFormat>image/JPEG</SupportedFormat>
<SupportedFormat>image/PNG</SupportedFormat>
<SupportedFormat>image/JPEG2000</SupportedFormat>
<SupportedFormat>image/HDF</SupportedFormat>
</Contents>
</Capabilities>

```

**DescribeCoverage**

[http://promegis-m4400/ArcGIS/services/USA\\_MAP/MapServer/WCSServer?](http://promegis-m4400/ArcGIS/services/USA_MAP/MapServer/WCSServer?VERSION=1.1.1&SERVICE=WCS&REQUEST=DescribeCoverage&IDENTIFIERS=1)  
 VERSION=1.1.1&  
 SERVICE=WCS&  
 REQUEST=DescribeCoverage&  
 IDENTIFIERS=1

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<CoverageDescriptions xmlns="http://www.opengis.net/wcs/1.1.1"
  xmlns:ows="http://www.opengis.net/ows/1.1"
  xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
  xsi:schemaLocation="http://www.opengis.net/wcs/1.1.1 ../wcsDescribeCoverage.xsd http://www.opengis.net/ows/1.1
  ..../ows/1.1.0/owsAll.xsd"><CoverageDescription>
  <ows:Title>Boston_1.ntf_1</ows:Title>
  <ows:Abstract></ows:Abstract>
  <Identifier>1</Identifier>
  <Domain>
    <SpatialDomain>
      <ows:BoundingBox crs="urn:ogc:def:crs:OGC::imageCRS" dimension="2" <ows:LowerCorner>0
0</ows:LowerCorner>
      <ows:UpperCorner>7999 7999</ows:UpperCorner>
    </ows:BoundingBox>
      <ows:BoundingBox crs="urn:ogc:def:crs:EPSG::4326" <ows:LowerCorner>-71.099003000375049
42.331997749718717</ows:LowerCorner>
      <ows:UpperCorner>-71.050996999624957 42.368002250281286</ows:UpperCorner>
    </ows:BoundingBox>
    <GridCRS>
      <GridBaseCRS>urn:ogc:def:crs:EPSG::4326</GridBaseCRS>
      <GridOrigin>-71.099000000000004 42.368000000000002</GridOrigin>
      <GridOffsets>6.0007500937615533e-006 -4.5005625703211645e-006</GridOffsets>
    </GridCRS>
  </SpatialDomain>
</Domain>
<Range>
  <Field>
    <Title>Field_1</Title>
    <Abstract>Field_1</Abstract>
    <Identifier>Field_1</Identifier>
    <Definition>
      <ows:AnyValue/>
    </Definition>
    <NullValue>256</NullValue>
    <NullValue>256</NullValue>
    <NullValue>256</NullValue>
  </Field>

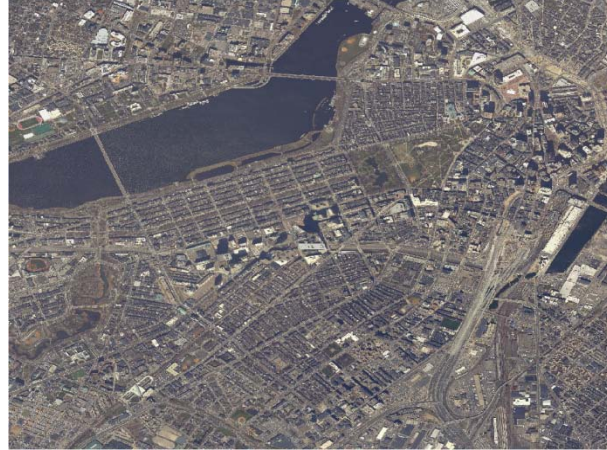
```

**Request**

```
<ows:InterpolationMethods>
  <ows:DefaultMethod>nearest</ows:DefaultMethod>
  <ows:OtherMethod>bilinear</ows:OtherMethod>
  <ows:OtherMethod>bicubic</ows:OtherMethod>
</ows:InterpolationMethods>
<Axis identifier="BAND">
  <AvailableKeys>
    <Key>1</Key>
    <Key>2</Key>
    <Key>3</Key>
  </AvailableKeys>
  <ows:DataType>Byte</ows:DataType>
</Axis>
</Field>
</Range>
<SupportedCRS>urn:ogc:def:crs:EPSG::4326</SupportedCRS>
<SupportedCRS>urn:ogc:def:crs:EPSG::4326</SupportedCRS>
<SupportedFormat>image/GeoTIFF</SupportedFormat>
<SupportedFormat>image/NITF</SupportedFormat>
<SupportedFormat>image/HDF</SupportedFormat>
<SupportedFormat>image/JPEG</SupportedFormat>
<SupportedFormat>image/JPEG2000</SupportedFormat>
<SupportedFormat>image/PNG</SupportedFormat>
</CoverageDescription>
</CoverageDescriptions>
```

**GetCoverage**

```
http://promegis-m4400/ArcGIS/services/USA_MAP/MapServer/WCServer?
VERSION=1.1.1&
SERVICE=WCS&
REQUEST=GetCoverage&
IDENTIFIER=1&
FORMAT= image/NITF&
BOUNDINGBOX=-71.1000,42.3300,-71.0000,42.4050,urn:ogc:def:crs:EPSG::4326
```



## Anlage D

### Unified Modelling Language (UML)

Die verwendeten Elemente und Diagramme der Unified Modelling Language (UML) sind:

- UML-Komponentendiagramm

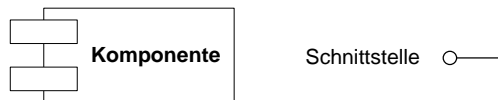


Abbildung D. 1: UML Komponentendiagramm

- UML-Sequenzdiagramm

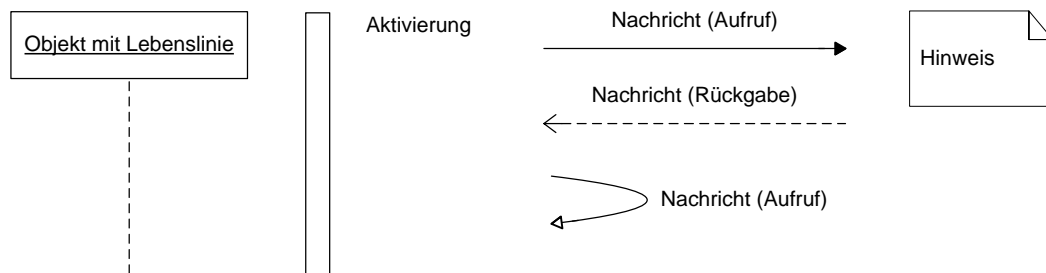


Abbildung D. 2: UML-Sequenzdiagramm