

## Schlussbericht

Zuwendungsempfänger:	Förderkennzeichen:
Disy Informationssysteme GmbH	01IS12041A
Hochschule Osnabrück, Fakultät für Ingenieurwissenschaften und Informatik	01IS12041B
Bundesanstalt für Wasserbau, Dienststelle Hamburg	01IS12041C
Landesbetrieb Küstenschutz, Nationalpark und Meeresschutz Schleswig-Holstein	01IS12041D

Vorhabenbezeichnung: (Thema)

**RichWPS - Eine Software-Umgebung für Fachanwender zur effizienteren  
Nutzung von Geodaten mit Web Processing Services**

Laufzeit des Vorhabens:  
01.01.2013 – 31.03.2015

Berichtsdatum  
30.09.2015





Herausgeber:

Dr. Andreas Abecker (DISY), Jörn Kohlus (LKN),  
Dr.-Ing. Rainer Lehfeldt (BAW), Prof. Dr.-Ing. Rainer Roosmann (HS-OS)

Mit Text-, inhaltlichen oder Bildbeiträgen von:

Dr. Andreas Abecker (DISY), Dorian Alcacer-Labrador (HS-OS), Sebastian Barth (DISY), Felix Bensmann (HS-OS), Marcus Briesen (DISY), Johannes Faltin (DISY), Carsten Heidmann (DISY), Dr.-Ing. Wassilios Kazakos (DISY), Markus Kiss (DISY), Jörn Kohlus (LKN), Elisabeth Kompter (LKN), Dr.-Ing. Rainer Lehfeldt (BAW), Mathias Lücker (BAW), Anna Rieger (LKN), Prof. Dr.-Ing. Rainer Roosmann (HS-OS), Felix Scholtyssek (DISY), Prof. Dr.-Ing. Heiko Tapken (HS-OS), Boris Terzic (DISY), Christoph Wosniok (BAW), Roman Wössner (DISY), Dennis Ziegenhagen (HS-OS).

Das Projekt „RichWPS - Eine Software-Umgebung für Fachanwender zur effizienteren Nutzung von Geodaten mit Web Processing Services“

- wurde gemeinschaftlich bearbeitet von
  - o Disy Informationssysteme GmbH, Ludwig-Erhard-Allee 6, 76131 Karlsruhe (DISY)
  - o Hochschule Osnabrück, Fakultät Ingenieurwissenschaften und Informatik, Albrechtstr. 30, 49076 Osnabrück (HS-OS)
  - o Bundesanstalt für Wasserbau, Dienststelle Hamburg, Wedeler Landstr. 157, 22559 Hamburg (BAW)
  - o Landesbetrieb Küstenschutz, Nationalpark und Meeresschutz Schleswig-Holstein, Schloßgarten 1, 25829 Tönning (LKN)
- wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen des Programms KMU-innovativ gefördert
- und vom Projektträger Softwaresysteme und Wissenstechnologien (PT-SW) im DLR betreut

**Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter den Förderkennzeichen 01IS12041A bis 01IS12041D gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.**

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



DLR Projektträger





## Inhalt

<b>1</b>	<b>Kurze Darstellung .....</b>	<b>5</b>
1.1	Aufgabenstellung .....	5
1.2	Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde .....	6
1.3	Planung und Ablauf des Vorhabens .....	7
1.4	Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde .....	14
1.4.1	Verwandte Arbeiten .....	14
1.4.1	Eigene Vorarbeiten .....	15
1.4.2	Konstruktionen, Verfahren und Schutzrechte, die für die Durchführung des Vorhabens benutzt wurden .....	16
1.4.3	Verwendete Fachliteratur .....	16
1.5	Zusammenarbeit mit anderen Stellen .....	17
<b>2</b>	<b>Eingehende Darstellung .....</b>	<b>19</b>
2.1	Verwendung der Zuwendung .....	19
2.1.1	Einleitung .....	19
2.1.2	Projektergebnisse: Konzeptionelle Ergebnisse .....	23
2.1.3	Projektergebnisse: Entwickelte Software-Komponenten .....	30
2.1.4	Projektergebnisse: Empirische Arbeiten, Pilotanwendungen und Demonstratoren .....	43
2.1.5	Projektergebnisse: Zusammenfassung .....	62
2.1.6	Verwendung der Zuwendung und Zielerreichung .....	65
2.2	Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises .....	68
2.3	Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit .....	69
2.4	Voraussichtlicher Nutzen im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans .....	70
2.4.1	Technische und wirtschaftliche Erfolgsaussichten nach Projektende aus Disy-Sicht .....	70
2.4.2	Technische und wirtschaftliche Erfolgsaussichten nach Projektende aus Sicht der Hochschule Osnabrück .....	73
2.4.3	Technische und wirtschaftliche Erfolgsaussichten nach Projektende aus Sicht der BAW .....	74
2.4.4	Technische und wirtschaftliche Erfolgsaussichten nach Projektende aus Sicht des LKN .....	74
2.4.5	Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit aus Disy-Sicht .....	75
2.4.6	Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit aus Sicht der Hochschule Osnabrück .....	75
2.4.1	Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit aus Sicht der BAW .....	76
2.4.2	Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit aus Sicht des LKN .....	76
2.5	Während der Durchführung bekannt gewordener Fortschritt auf dem Vorhabengebiet bei anderen Stellen .....	77
2.6	Erfolgte und geplante Veröffentlichungen der Projektergebnisse .....	78
2.6.1	Veröffentlichungen und Vorträge .....	78
2.6.2	Abschlussarbeiten .....	79
2.6.3	Weitere Projektvorstellungen, insbesondere im Hinblick auf Standardisierung .....	79
2.6.4	Öffentlicher Abschluss-Workshop .....	82
2.6.5	Weitere Maßnahmen zur Nachhaltigkeit der Projektergebnisse .....	84
2.6.6	Geplante und nach Projektende bereits erfolgte Ergebnisverbreitung .....	84
2.7	Referenzen .....	85



## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Projektgliederung in Arbeitspaketen, mit Laufzeiten und Aufwänden .....	7
Tabelle 2: Zeitlicher Projektverlauf im Balkenplan laut Antragstellung .....	7
Tabelle 3: Tatsächlicher zeitlicher Projektverlauf mit Arbeitspaketen und Meilensteinen .....	8
Tabelle 4: Liste der Projektergebnisse mit geplanter und tatsächlicher Fertigstellung.....	8
Tabelle 5: Softwarekomponenten in RichWPS.....	31
Tabelle 6: RichWPS-Zielerreichung unter Bezugnahme auf Projektantrag .....	66

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Konzeptionelle Komponenten des RichWPS-Servers .....	26
Abbildung 2: Computational Independent Model, realisiert mit ROLA.....	27
Abbildung 3: Platform Independent Model, realisiert mit ROLA.....	28
Abbildung 4: Haupt-Komponenten der RichWPS Software-Architektur .....	30
Abbildung 5: Screenshot des ModelBuilders.....	33
Abbildung 6: Schnittstellen und Bausteine des RichWPS-Servers .....	34
Abbildung 7: BAW Web-Client zur Eingabe von Prozess-Inputs.....	36
Abbildung 8: BAW Web-Client - Darstellung von Prozessergebnissen (Vergleich Modelldaten/Messdaten) .....	36
Abbildung 9: Illustration zur Client-seitigen Adapterschicht.....	39
Abbildung 10: Illustration zum mobilen RichWPS-Client.....	40
Abbildung 11: Cadenza Web als RichWPS-Client zeigt das Ergebnis eines WPS-PD Testprozesses auf dem 52°North RichWPS-Server an.....	43
Abbildung 12: Prozesskette für BAW Anwendungsszenario 1 .....	46
Abbildung 13: Prozesskette für BAW Anwendungsszenario 2 .....	48
Abbildung 14: Vernetzte Metadatenstruktur für WPS-Prozess-Ergebnisse .....	49
Abbildung 15: Makrophytenstatus als Umweltindikator .....	55
Abbildung 16: Bewertungsmatrix für die Bestimmung des Makrophytenbenthos Index für das Berichtsgebiet Nordfriesland .....	56
Abbildung 17: Oberste Ebene der Prozesszerlegung im LKN-Szenario.....	58
Abbildung 18: Illustration der (wiederverwendbaren) Prozessschritte bei der Makrophytenbewertung .....	59
Abbildung 19: Der LKN-Makrophytenbewertungsprozess im RichWPS ModelBuilder .....	60
Abbildung 20: Darstellung des Bewertungsergebnisses im WPS-Client .....	60
Abbildung 21: Automatisch erzeugbarer PDF-Report zur Makrophytenbewertung .....	61
Abbildung 22: Verteilung der Projektgesamtkosten auf Kostenkategorien .....	69
Abbildung 23: Poster zur Fachtagung KMU-innovativ 2014 in Berlin.....	81
Abbildung 24: Impressionen vom WPS-Workshop im Rahmen des AK-UIS Workshops 2014 .....	82
Abbildung 25: Impressionen vom öffentlichen Abschluss-Workshop im Februar 2015.....	83
Abbildung 26: Flyer Einladung Abschluss-Workshop (Vorderseite) .....	83
Abbildung 27: Flyer Abschluss-Workshop (Rückseite) .....	84



## 1 Kurze Darstellung

### 1.1 Aufgabenstellung

Geodaten bzw. Daten mit Orts- und Raumbezug sind wichtig für vielerlei Zwecke in der öffentlichen Verwaltung, Wissenschaft, Geomarketing, Verkehrsplanung, -steuerung und -logistik, für die Planung und Steuerung von Energieerzeugung und -versorgung, für den Tourismus u.v.m. Sowohl verfügbare Daten als auch innovative Ideen zu deren Nutzung werden in den kommenden Jahren mit Sicherheit einen Boom erfahren, befeuert durch Trends wie beispielsweise die explosionsartig wachsende Nutzung mobiler Endgeräte mit GPS und Internetzugang (Smartphones, Tablets) für die mobile Datenerzeugung und -nutzung, die Veröffentlichungspflichten und Open Data Initiativen in der öffentlichen Verwaltung (z.B. INSPIRE-Direktive der EU) oder die internationalen Großinitiativen zur Erdbeobachtung (COPERNICUS).

Eine unabdingbare Voraussetzung zur breiten Nutzung von Geodaten und für interoperable Geodateninfrastrukturen ist die Verwendung offener Standards für Daten und Metadaten, für Kommunikationsarchitekturen und -protokolle. Eine sehr bedeutende Rolle spielen dabei die Standards des Open Geospatial Consortium (OGC), die praktisch konkurrenzlos die verschiedensten Aspekte der Nutzung und des Austauschs von Geodaten reglementieren und in Industrie und Wissenschaft gleichermaßen Verwendung finden. Das OGC hat sich seit seiner Gründung 1994 zur maßgeblichen internationalen Organisation für Standards im Geodatenbereich entwickelt. Zusammen mit den Normen der ISO schaffen die OGC-Standards Voraussetzungen für moderne und zukunftssichere Geodateninfrastrukturen. Mit der europäischen Geodateninitiative INSPIRE werden sie zudem Grundlage für den überregionalen und internationalen Austausch von Geodaten in der öffentlichen Verwaltung.

Dabei sind die Standards zur Informationsbereitstellung im Web (die sog. Datendienste, wie *Web Feature Service* WFS für Geodatenzugriff und *Web Map Service* WMS für den Landkartenzugriff) bereits sehr stabil und in der praktischen Nutzung sehr weit verbreitet. Bei Weitem noch nicht dasselbe Maß an Konsolidiertheit und selbstverständlicher Nutzung hat dagegen der *Web Processing Service* WPS zum Anbieten und Nutzen räumlicher Verarbeitungsdienste und Datenanalysen im Internet erreicht.

Deshalb wurden im Projekt RichWPS konzeptionelle und technische Grundlagen von WPS weiter entwickelt sowie in praxisnahen Prototypen erprobt und demonstriert, so dass insgesamt mittelfristig eine breitere Nutzung von WPS in Geodateninfrastrukturen ermöglicht wird. Konkret wurden folgende Ziele im Projekt angegangen:

- Erarbeitung von Vorschlägen für die **Konkretisierung bzw. Erweiterung des WPS2.0-Standards** sowie zur Verwendung von RESTful Open Geospatial Web-Services, die es erlauben, mächtigere Nutzungsszenarien zu realisieren („Rich WPS“). Diese sollen in der Praxis erprobt und mit den OGC-Gremien und der FOSSGIS-Community diskutiert werden.
- Prototypische Realisierung einer **Rich-WPS-Entwicklungsumgebung** („Geoprocessing Model Builder“), die es erfahrenen Fachanwendern ermöglicht, komplexe GDI-Auswertungen benutzerfreundlich aus existierenden Diensten graphisch zu modellieren. Die Umgebung sollte



neben der graphischen Modellierungs-GUI alle praxisrelevanten weiteren Funktionalitäten enthalten.

- Umsetzung prototypischer **Client- und Server-Komponenten** (sowohl auf der Basis kommerzieller GDI-Produkte als auch aus dem Open Source Bereich), die zur Ausführung des Rich-WPS-Szenarios erforderlich sind. Dies umfasste insbesondere auch die Realisierung eines „Transactional WPS Servers“ zum Lifecycle-Management von RichWPS-Diensten.
- Modellierung und Ralisierung zweier **konkrete Anwendungsfälle aus der öffentlichen Verwaltung** für die Anforderungserhebung, die Ergebnisdemonstration und die Konzeptvalidierung im Projekt.

## 1.2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Das Vorhaben RichWPS setzte sich zusammen aus den Teilvorhaben der vier Projektpartner. Das **Konsortium** verband die unterschiedlichen Expertisen, Vorarbeiten und Perspektiven (1) eines KMU mit langjähriger Entwicklungs- und Verwertungserfahrung im Bereich Geodatenverarbeitung in der öffentlichen Verwaltung, (2) einer Forschungseinrichtung mit großem Praxisbezug und Innovationskraft in den Themenfeldern Verteilte Systeme und Geodatenverarbeitung, und zweier Anwenderverorganisationen, sowohl (3) aus der Landesverwaltung und (4) aus den Reihen der Bundesbehörden. Dadurch wurden alle erforderlichen technischen Expertisen zusammengebracht, aber darüber hinaus insbesondere auch die Sicht der Anwender auf spezifische Rahmenbedingungen und Voraussetzungen für die erfolgreiche spätere Nutzung von Projektergebnissen. Ferner bestand bei allen Partnern große Erfahrung mit der betrachteten Materie und mit FuE-Verbundprojekten im Allgemeinen und die Partnerorganisationen kannten sich überwiegend bereits aus früheren Projekten und Kooperationen.

Als Vorhabenvoraussetzungen waren weiterhin die **technischen Erfolgsaussichten** bei Projektbeginn als sehr gut einzuschätzen, da die Entwicklungen auf jahrelangen Vorarbeiten von DISY und HS-OS fußen, und die Projektansätze direkt aus der täglichen Praxis kommen. Auch die **wirtschaftlichen Erfolgsaussichten** bzw. Aussichten zum Erzielen nachhaltiger Projektauswirkungen waren positiv einzuschätzen, weil (i) die erwarteten Projektergebnisse sich technologisch nahtlos in das Produktpotfolio von DISY einfügen, weil (ii) HS-OS durch die Projektarbeiten seine Lehre bereichern und den Kontakt zu Standardisierungsgremien suchen konnte und weil (iii) die Anwendungspartner BAW und LKN als Partner der Marine Dateninfrastruktur Deutschland (MDI-DE) direkte praktische Anwendungsmöglichkeiten und Demonstrationsmöglichkeiten für die Projektergebnisse besitzen.

Hinzu kommt die **positive Marktentwicklungsprognose**, die für die Publikation und Nutzung von räumlichen Verwaltungsdaten im Allgemeinen gilt und sich beispielweise in Studien wie [MICUS, 2010]<sup>1</sup> oder [GDI-DE, 2013]<sup>2</sup> niederschlägt.

---

<sup>1</sup> [MICUS, 2010] M. Fornefeld, G. Beckmann, H. Fischer: Die europäische Gesetzgebung als Motor als Motor für das deutsche GeoBusiness. Studie im Auftrag des BMBF, 2010, MICUS Consult.

### 1.3 Planung und Ablauf des Vorhabens

Die Arbeiten im Projekt waren in sechs gemeinschaftlich von den Projektpartnern bearbeiteten Arbeitspaketen (AP1 – AP6) strukturiert, deren geplante Laufzeit und Aufwände (in Personenmonaten) in Tabelle 1 aufgeführt sind.

Tabelle 1: Projektgliederung in Arbeitspaketen, mit Laufzeiten und Aufwänden

Nr.	Arbeitspaket	Start	Ende	Personenmonate				Summe pro AP	%
				disy	HS-OS	LKN	BAW		
1	Anforderungen, Spezifikationen	1	9	8	2	4	9	30	23,4%
2	RichWPS Model Builder	7	21	10	18	0	0	28	21,9%
3	RichWPS Client- und Server-Komp.	7	21	22	4,5	0	0	26,5	20,7%
4	Pilotierung, Validierung, Demonstr.	10	24	7	4	6	2	26	20,3%
5	Verbreitung, Vernetzung, Standard.	1	24	4,5	3	1,5	2,5	11,5	9,0%
6	Projektmanagement	1	24	4,5	0,5	0,5	0,5	6	4,7%
Summe pro Partner				56	39	12	21	128	100,0%

Der geplante zeitliche Verlauf ist dargestellt im Balkenplan laut Projektantrag (Tabelle 2).

Tabelle 2: Zeitlicher Projektverlauf im Balkenplan laut Antragstellung

Nr.	Arbeitspaket	Projektverlauf (Quartale)											
		Jahr 1 (2013)				Jahr 2 (2014)							
		Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12
1	Anforderungen, Spezifikationen					M S1							
2	RichWPS Model Builder					M S1	M S2			M S3			
3	RichWPS Client- & Serverkomp.					M S1	M S2			M S3			
4	Pilotierung, Validierung, Demonstr.						M S2			M S3			M S4
5	Verbreitung, Vernetzung, Standard.					M S1	M S2			M S3			M S4
6	Projektmanagement					M S1	M S2			M S3			M S4

Beim Abarbeiten des Projektplans ergaben sich von Beginn an signifikante Verzögerungen – im Wesentlichen, weil es nicht allen Partnern möglich war, die Projektstellen zum Projektbeginn bereits voll zu besetzen. Da die Projektarbeiten der vier Projektpartner stark voneinander abhängig waren, bedingten Verzögerungen bei einigen Partnern auch Folgeverzögerungen bei den übrigen Partnern. Insgesamt führte dies zu Verspätungen von bis zu 6 Monaten bei einigen technischen Arbeiten und Projektergebnissen, die sich innerhalb des ersten Projektjahres angesammelt haben. In der Folge wurde durch erhöhten Personaleinsatz und Umplanungen ein Teil dieses Rückstandes wieder aufgeholt. Um zu gewährleisten, dass die geplanten Projektergebnisse mit der erwarteten Qualität erreicht werden können, wurde dennoch im August 2014 nach Abstimmung mit dem Projektträger eine dreimonatige kostenneutrale Projektverlängerung für alle Partner beantragt und vom BMBF

<sup>2</sup> [GDI-DE, 2013] Deutscher Städtetag, Deutscher Landkreistag, Deutscher Städte- und Gemeindebund (Hrsg.): Einsatz von Geoinformationen in den Kommunen. Abschlussbericht zum Projekt des Kommunalen Koordinierungsgremiums im Rahmen der GDI-DE. Berlin, 2013.



genehmigt. Dadurch ergab sich insgesamt zum Projektende der zeitliche Projektverlauf wie in Tabelle 3 gezeigt. Aufwands- und Kostenplanung der Partner waren von dieser Verlängerung nicht betroffen.

Tabelle 3: Tatsächlicher zeitlicher Projektverlauf mit Arbeitspaketen und Meilensteinen

Nr.	Arbeitspaket	Projektverlauf (Quartale)										
		Jahr 1 (2013)				Jahr 2 (2014)				Jahr 3 (2015)		
		Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8			
1	Anforderungen, Spezifikationen											
2	RichWPS Model Builder				M S1	M S2		M S3				
3	RichWPS C/S-Komponenten				M S1	M S2		M S3				
4	Pilot., Valid., Demonstration				M S1	M S2		M S3		M S4		
5	Verbr., Vernetzung, Standard.				M S1	M S2		M S3		M S4		
6	Projektmanagement				M S1	M S2		M S3		M S4		

Laut Vorhabenplanung war die Arbeit weiterhin durch die Fertigstellungstermine der verschiedenen Projektergebnisse zeitlich und fachlich strukturiert. Entsprechend der oben dargestellten Verschiebungen waren auch hier einige Verspätungen gegenüber der ursprünglichen Vorhabenplanung zu verzeichnen. Tabelle 4 zeigt die internen Projektergebnisse mit dem geplanten und dem tatsächlichen Fertigstellungsdatum.

Tabelle 4: Liste der Projektergebnisse mit geplanter und tatsächlicher Fertigstellung

Nr.	Name	AP	Monat (Plan/Ist)	Verant- wortlich	Gehört zu Meilenstein
E1.1	RichWPS Grobspezifikation	AP1	9/12	HS-OS	MS-1
E2.1	Modellierungsumgebung, Release 1.0	AP2	12/15	HS-OS	MS-2
E2.2	Modellierungsumgebung, Release 2.0	AP2	18/21	HS-OS	MS-3
E2.3	Modellierungsumgebung, Final Release	AP2	21/27	HS-OS	MS-4
E3.1	C/S-Komponenten, Release 1.0	AP3	12/12	DISY	MS-2
E3.2	C/S-Komponenten, Release 2.0	AP3	18/21	DISY	MS-3
E3.3	C/S-Komponenten, Final Release	AP3	21/27	DISY	MS-4
E4.1	Thesenpapier „WPS in der Verwaltung“	AP4	15/24	BAW	MS-4
E4.2	Pilotierungserfahrungen, 1. Bericht	AP4	18/18	BAW	MS-3
E4.3	Pilotierungserfahrungen, 2. Bericht	AP4	24/27	BAW	MS-4
E5.1	Anforderungs-Workshop mit Anwendern	AP5	9/17	DISY	MS-3
E5.2	Vorstellen Projektergebnisse auf OGC TC Meeting	AP5	21/21	HS-OS	MS-4
E5.3	Öffentlicher Anwender-Workshop zu RichWPS	AP5	24/27	DISY	MS-4



Wir führen im Folgenden die wesentlichen Aktivitäten, Ereignisse und Ergebnisse pro Arbeitspaket in Kurzfassung auf:

### **AP1: Anforderungen & Spezifikationen**

Anhand der Beispielprozesse „Makrophytenbewertung“ beim LKN und „Vergleich von Modell- und Messdaten anhand eines Scatterplots“ bei der BAW befassten sich alle Projektpartner gemeinschaftlich mit der Erfassung, Auswertung und Dokumentation der konkreten Anwendungsszenarien der zu automatisierenden Prozesse, der zu verwendenden Daten und der sonstigen funktionalen und nicht-funktionalen Nutzeranforderungen. Die Verarbeitungsabläufe und benötigten Algorithmen der beiden Pilotanwendungen wurden ausgearbeitet. Auf der Basis der beiden initialen Szenariobeschreibungen wurde mit der schnellen proto-typischen Umsetzung von Server-und Client-Komponenten als „Durchstich“ zur besseren Bewertung der Anforderungen und des Stands der existierenden Werkzeuge begonnen.

HS-OS und DISY führten Untersuchungen, Analysen und Bewertungen zum Stand von Wissenschaft und Technik für die Projektumsetzung durch, insbesondere (i) zu verschiedenen Implementierungen des OGC-Standards „Catalogue Service for the Web“ (CSW) als Ausgangspunkt zur Umsetzung eines Discovery-Dienstes; (ii) zu Modellierung und Deployment komponierter WPS mit BPEL und zu BPEL-Designer-Werkzeugen für Eclipse und NetBeans und zur Eignung BPEL-basierter Ansätze für die Web-Service Orchestrierung (WSO) in RichWPS-Szenarien; (iii) zu BPMN als grafischer Notation für BPEL; (iv) zu existierenden WPS-Server-Lösungen wie GeoServer, 52°North WPS Server, deegree WPS, Zoo Project, pyWPS, Disy Cadenza + Legato WPS sowie ArcGIS WPS; (v) zu einem weitgehend Open-Source basierten Software-Stack für die Projektarbeiten (server-seitig 52°North WPS-Server mit GeoTools, JTS Topology Suite und JasperReports, Clients von QGIS und DISY, sowie GeoServer zur server-seitigen WFS-basierten Datenbereitstellung). Auf Basis der Anforderungserhebung und dieser Umsetzungsstudien wurden die konzeptuelle Architektur und Grobspezifikation der Lösungselemente von von RichWPS entworfen.

HS-OS definierte eine domänenspezifische Sprache (DSL) – die RichWPS Orchestration Language ROLA – zur textuellen Beschreibung komplexer Dienste als Komposition existierender, lokaler und verteilter Dienste. Es wurde weiterhin gezeigt, wie sich das WPS Deployment-Protokoll WPS-T zur Übertragung einer textuellen Beschreibung an den Server verwenden lässt.

Unter Führung der BAW wurde ein Metadatenkonzept zur Beschreibung von WPS-Prozessketten und der damit erzeugten Datensätzen erarbeitet.

*AP1 wurde mit dreimonatiger Verspätung zum 31.12.2013 abgeschlossen, was gleichzeitig das erfolgreiche Erreichen von Meilenstein MS-1 bedeutete. Die Grobspezifikation lag als Ergebnis E1.1 zum 31.12.2013 vor. Einige verbliebene Anregungen für Restarbeiten und Verfeinerungen konnten innerhalb der Umsetzungsarbeitspakete AP2-4 umgesetzt werden.*



## AP2: RichWPS Model Builder

Ziel von AP2 waren Feinspezifikation und prototypische Umsetzung der Modellierungsumgebung „RichWPS ModelBuilder“, eine Anwendersoftware mit grafischer Benutzeroberfläche, die von Fachanwendern verwendet werden kann, um komplexe Arbeitsabläufe zu modellieren. Der Model-Editor als Teil des ModelBuilders stellt die grafische Benutzungsoberfläche (GUI) zur grafischen Modellierung von Arbeitsabläufen dar (grafische Notation der ROLA DSL). Das GUI-Design des Model-Editors wurde nach einigen Umsetzungsstudien mit verschiedenen anderen Werkzeugen mithilfe des GUI-Frameworks Swing realisiert. Der ModelBuilder besitzt einen Undo- / Redo-Manager und kommuniziert mit dem „RichWPS Semantic Proxy“ Katalogdienst durch einen „Semantic Proxy Client“. Grundlage für die Erstellung neuer komplexer Arbeitsablaufbeschreibungen ist das Suchen und Finden bereits vorhandener Prozesse (Service Discovery). Das Service Discovery findet unter Verwendung von Metainformationen der vorhandenen Prozesse statt, die im Semantic Proxy verwaltet werden. Metainformationen des Semantic Proxy beziehen sich auf die bereitgestellte Funktionalität und zusätzlich auf nicht-funktionale Merkmale, wie z.B. Sollvorgaben für das Laufzeitverhalten eines Prozesses. Der Semantic Proxy überträgt, speichert und verwaltet Informationen im RDF-Format, der Sprache des „semantischen Web“, und folgt den „Linked Data“ Prinzipien. Er besitzt eine REST-Schnittstelle, über welche die CRUD-Funktionen (Create, Read, Update und Delete) zur Pflege des Datenbestands realisiert werden. Ferner wurde eine Schnittstelle zum RichWPS-Server (AP3) etabliert, so dass beim Modellieren von Arbeitsabläufen Testläufe auf dem Server gestartet werden können, die Informationen für die Fehlersuche (Debugging) und die Laufzeitoptimierung (Profiling) von Prozessen liefern. Dazu werden aktuelle Laufzeitinformationen vom „RichWPS Monitor“ gemessen und bereitgestellt. Diese sind für den ModelBuilder während der Service Discovery zugänglich. Die Daten aus der Service Discovery bilden die Ausgangsdaten für die grafische Modellierung. Nach abgeschlossener Modellierung wird die Arbeitsablaufbeschreibung auf dem RichWPS Server für Tests und Ausführung bereitgestellt.

Die Komponenten bieten folgende Schlüsselfunktionen:

1. ModelBuilder
  - a. Discovery/Suchen und Finden
  - b. Modellierung
  - c. Speichern und Laden von Modellen
  - d. Testing mit Hot-Deployment
  - e. Performance-Profiling mit Hot-Deployment
  - f. Bereitstellung von Arbeitsabläufen
  - g. Einpflegen von Arbeitsabläufen in den SemanticProxy
2. SemanticProxy
  - a. Discovery vorhandener WPS- und WFS-Dienste
  - b. Suchfunktion für WPS-Prozesse
  - c. Manipulation des Datenbestandes via RESTful-Schnittstelle
  - d. Verlinkung des Datenbestandes gemäß Linked Data-Prinzipien



### 3. Monitor

- a. Automatisierte Durchführung von Testanfragen an WPS-Dienste.
- b. Berechnung von Bewertungsmetriken (Extremwerte, Median)
- c. Bereitstellung der Daten

*AP2 wurde im Wesentlichen von HS-OS bearbeitet, mit kleineren Beiträgen von DISY, insbesondere zur Abstimmung der Schnittstellen zwischen Software-Komponenten aus AP2 und AP3. BAW und LKN waren in AP2 plangemäß nicht aktiv.*

*Mit den Software-Prototypen E2.1 bzw. E2.2 wurde der Meilenstein MS-2 „RichWPS Software Release 1.0“ mit dreimonatiger Verspätung zum 31.03.2014 und der Meilenstein MS-3 „RichWPS Software Release 2.0“ plangemäß zum 30.09.2014 erreicht. Die letzte Software-Lieferung E2.3 erfolgte gemäß geändertem Projektplan als Teil von Meilenstein MS-4 zum Projektende am 31.03.2015.*

### AP3: RichWPS Client- und Server-Komponenten

Im Rahmen von AP3 wurde die Implementierung des Open Source WPS-Servers von 52°North um Funktionalitäten erweitert, die den Konzeptionen und Spezifikationen aus AP1 entsprechen, so dass eine RichWPS-Serverkomponente entstand, welche erstens die Modellierung mithilfe des RichWPS ModelBuilders unterstützt und zweitens die erstellten komplexen Arbeitsabläufe abarbeiten kann. Der RichWPS-Server beinhaltet daher eine Orchestrationsengine zur Interpretation und Abarbeitung von Skripten, die mithilfe der Beschreibungssprache ROLA (vgl. AP2) formuliert wurden. Als Teil dieser Orchestrationsengine wurde eine WPS-Client API zur Kommunikation mit entfernten WPS-Servern entwickelt.

Der RichWPS-Server stellt anderen Softwarekomponenten einer RichWPS-Umgebung sowie beliebigen WPS-Clients von Endanwendern WPS-Clients verschiedene Web-Schnittstellen zu Verfügung. Die dadurch zur Verfügung gestellten Operationen decken den Funktionsumfang von WPS 1.0.0 und RichWPS serverseitig ab. Diese Operationen des RichWPS-Servers lassen sich im Lebenszyklus eines WPS-Prozessmodells verorten, wie folgt:

1. Auffinden von WPS-Prozessen (WPS:GetCapabilities, WPS:DescribeProcess)
2. Unterstützte Datenmodellierung (RichWPS:GetSupportedTypes)
3. Deployment, Undeployment von Prozessmodellen (RichWPS:DeployProcess, RichWPS:UndeployProcess)
4. Funktionales Testen von Prozessmodellen (RichWPS:TestProcess)
5. Performanzmessungen von Prozessmodellen (RichWPS:ProfileProcess)
6. Ausführen von Prozessmodellen (WPS:Execute)

Im Projekt wurde ferner das Konzept der WPS-Präsentationsdirektiven (WPS-PD) propagiert, mit deren Hilfe ein WPS-Server einem Client Informationen darüber liefern kann, wie ein Prozessergebnis



client-seitig auf der GUI dargestellt werden soll. Auch der RichWPS-Server wurde so gestaltet, dass er Prozessergebnisse entsprechend WPS-PD aufbereiten kann.

Neben den Entwicklungsarbeiten am RichWPS-Server wurden folgende Ergebnisse im Bereich WPS-Clients erzielt:

- Prototypische Realisierung einer Adapterschicht zur Anbindung von RichWPS und anderen Servern an Cadenza WPS-Clients, so dass unterschiedliche „WPS-Dialekte“ und vielfältige verbreitete Datentypen genutzt werden können.
- Prototypische Realisierung eines mobilen WPS-Clients, der mit schwachen und unzuverlässigen Netzverbindungen umgehen kann.

*AP3 wurde im Wesentlichen von DISY bearbeitet, mit kleineren Beiträgen von HS-OS, insbesondere zur Abstimmung der Schnittstellen zwischen Software-Komponenten aus AP2 und AP3. BAW und LKN waren in AP3 plangemäß nicht aktiv.*

*Die prototypischen Client- und Server-Software-Komponenten wurden in Release 1.0 (Ergebnis E3.1) zum 31.12.2013 und mit dreimonatiger Verspätung in Release 2.0 (Ergebnis E3.2) zum 30.09.2014 fertiggestellt, womit die Meilesteine MS-2 und MS-3 erreicht wurden wie in AP2 bereits dargestellt. Die letzte Software-Lieferung E3.3 erfolgte gemäß geändertem Projektplan als Teil von Meilenstein MS-4 zum Projektende am 31.03.2015.*

#### **AP4: Pilotierung, Validierung, Demonstration**

Die Methoden und Techniken von RichWPS wurden anhand exemplarischer Anwendungsszenarien und Geodatenverarbeitungsprozesse von LKN und BAW spezifiziert, erprobt, demonstriert und validiert.

Im Fall des LKN handelte es sich um den Prozess „Makrophytenbewertung im Schleswig-Holsteinischen Wattenmeer“. Dieser wurde in mehreren Realisierungszyklen mit zunehmendem Automatisierungsgrad zu Projektbeginn, zur Projektmitte und zu Projektende in Prozessbausteine zerlegt, diese Prozessbausteine wurden implementiert und wiederverwendbar als WPS bereitgestellt und schließlich mithilfe der RichWPS Client- und Server-Komponenten der Gesamtprozess zusammengesetzt und ausführbar gemacht. Die Einbettung in die existierende IT-Infrastruktur von LKN erfolgte wie für eine operative Software im Regelbetrieb, was auch organisatorische und prozessuale Aufwände und Schwierigkeiten bei der Umsetzung von WPS-SOA-Ansätzen in der öffentlichen Verwaltung aufdeckte.

Bei der BAW handelte es sich um zwei Beispiel-Prozessketten, einerseits für das Szenario „Vergleich von Modell- und Messdaten“ sowie allgemein zur Visualisierung von Simulationsergebnissen numerischer Modelle und andererseits für das Szenario „Vergleich von Profildaten“. Dazu wurden Beispieldatensätze modellierter Wasserstandsdaten sowie gemessener Wasserstände im NetCDF-Format verfügbar gemacht, eine WPS-Prozesskette zum Einlesen, Harmonisieren und Auswerten



dieser Daten realisiert sowie ein dynamischer Web-Clienten gebaut, der die Datenauswahl und die Ergebnispräsentation in Form interaktiver Plots ermöglicht und die Prozesssteuerung und Präsentation von Profilschnitten unterstützt.

Zur Bereitstellung der gemessenen und modellierten Datensätze in einer Geodateninfrastruktur wurden ein OGC-standardkonformer Sensor Observation Service (SOS) für Zeitreihen und ein Web Coverage Service (WCS) für gerasterte Profildaten implementiert.

Beide Pilotimplementierungen wurden genutzt zur Fehlersuche an RichWPS-Komponenten, zur Demonstration der Projektideen für mögliche spätere Nutzer und zur Validierung der Lösungsbausteine und technischen Lösungsansätze.

In Zusammenarbeit von HS-OS, LKN und BAW wurden zwei Anwendertests durchgeführt. Diese fanden drei Monate bzw. einen Monat vor Projektende statt. Für die Tests führen Fachanwender von LKN und BAW die Tätigkeiten für die Realisierung ihrer jeweiligen Anwendungsszenarios aus und bewerteten anschließend die Gebrauchstauglichkeit. Die Tests sind sehr positiv ausgefallen, tiefgreifende Änderungen wurden nicht benötigt. Auf Grundlage der Ergebnisse wurden jedoch verschiedene Optimierungsmaßnahmen durchgeführt.

Während der Projektlaufzeit wurde als in der Vorhabenbeschreibung noch nicht hinreichend beachtetes Problemfeld das Thema Metadaten zur Beschreibung aller Komponenten, also der Eingangsdaten, der beteiligten (einfachen und komponierten) Prozesse sowie der Ergebnisdaten identifiziert sowie bereits rudimentäre Lösungsansätze realisiert.

*AP4 war Arbeitsschwerpunkt der Anwendungspartner BAW und LKN. Darüber hinaus lieferten die technischen Partner DISY und HS-OS unterstützende Beiträge zur technischen Realisierung der Piloten.*

*AP4 wurde gemäß Vorhabenplanung im Oktober 2013 gestartet und ergab sich als fließender Übergang aus den Spezifikationsarbeiten in AP1. Aufgrund der verzögerten Fertigstellung von Software-Komponenten in den technischen Arbeitspaketen AP2 und AP3, aufgrund unerwarteter technisch-administrative Verzögerungen beim LKN und aufgrund eines krankheitsbedingten Langzeit-ausfalls eines Schlüsselmitarbeiters wurden die Arbeiten mehrfach umgeplant und mit der kosten-neutralen Verlängerung bis zum Projektende am 31.03.2015 gestreckt. Die Arbeiten wurden in den internen Ergebnisdokumenten E4.2 und E4.3 fristgemäß zum Projektmonat 18 und zum verlängerten Projektende bei M27 beschrieben und trugen zu den Meilensteinen MS-3 bzw. MS-4 bei. Das Thesenpapier „WPS in der Verwaltung“ (E4.1) wurde bis zum Projektende (M27) verschoben, um die Projekterkenntnisse umfassend zusammenführen zu können.*

## **AP5: Ergebnisverbreitung, Projektvernetzung, Standardisierung**

Schon etwa ab dem zweiten Projekthalbjahr wurden Fragestellungen, Lösungsansatz und Teilergebnisse regelmäßig von allen Partnern in Form von Vorträgen und Fachartikeln dem technischen bzw. anwendungsorientierten Fachpublikum vorgestellt und mit ihm diskutiert. Durch HS-OS wurde der Kontakt in die OGC Standardisierungsgemeinde etabliert, insbesondere zur Firma 52°North, die in Deutschland und international eine bedeutende Rolle bei der OGC-Standardisierung spielt. In der



ersten größeren Projektvorstellung im Rahmen des GI AK-UIS Workshops (Mai 2014, Karlsruhe) und insbesondere beim öffentlichen Abschlussworkshop (Februar 2015, Karlsruhe) wurde eine große Anzahl interessierter Praktiker erreicht. LKN und BAW stellten die Kommunikation innerhalb des MDI-DE Konsortiums sicher. Projektergebnisse sind an verschiedener Stelle in die Lehre und Ausbildung eingeflossen, insbesondere durch Einbindung Studierender in die Projektarbeiten, als Teilzeitmitarbeiter oder im Rahmen ihrer Abschlussarbeiten. Die Bereitstellung der meisten RichWPS-Softwarekomponenten als Open Source in GITHUB ermöglicht weiterhin die Nachnutzung und Weiterentwicklung der Projektergebnisse durch die Projektpartner und durch Dritte.

*AP5 wurde von DISY als Konsortialführer koordiniert und im Rahmen der jeweiligen fachlichen Schwerpunkte und finanziellen Möglichkeiten von allen Partnern vorangetrieben.*

#### **AP6: Projektmanagement**

Gegenstand von AP6 war die Gewährleistung eines effizienten und effektiven Projektverlaufs durch geeignete Managementinstrumente. Die entsprechenden Arbeiten von DISY als Konsortialführer in Kooperation mit allen Projektpartnern umfassten das kontinuierliche Finanzcontrolling und Ressourcen-Monitoring, inkl. Koordination der Erstellung der Zahlungsanforderungen, Zwischennachweise und Schlussnachweise, das Aufsetzen und Nutzen der projektinternen Kommunikations- und Kollaborations-Strukturen, die Gestaltung von Projekt-Logo, Berichts- und Präsentationsvorlagen zur Gewährleistung eines einheitlichen Auftritts nach außen, das Erstellen und Abschließen der Kooperationsvereinbarung, die Vor-, Nachbereitung und Durchführung der Arbeitstreffen und Telefonkonferenzen der Partner, mit Testanwendern und mit dem Projektträger, die fachliche Abstimmung der Arbeiten, und die Koordination der Erstellung der Sachberichte. Schließlich die Überwachung des Arbeitsplans und die Kontrolle der Fertigstellung der internen Projektergebnisse sowie die Koordination der Beantragung der kostenneutralen Projektverlängerung.

*Alle Projektpartner haben im Rahmen ihrer vertraglichen Verpflichtungen zu diesen AP-Zielen beigetragen.*

### **1.4 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde**

#### **1.4.1 Verwandte Arbeiten**

In der Geoinformatik wurde mit Einführung des Web Processing Services<sup>3</sup> eine generische Umgebung zum Anbieten und Ausführen von geo-spezifischen Prozessen spezifiziert. Ein bereitgestellter Prozess, bestehend aus einem eindeutigen Namen, Ein- und Ausgabeparametern, kann maschinen-

---

<sup>3</sup> <http://www.opengeospatial.org/standards/wps>



lesbar beschrieben und ausgeführt werden. Die bestehende Spezifikation verzichtet auf die Verwendung etablierter Web-Service Technologien zum Nachrichtenaustausch, der Beschreibung und der Komposition (z.B. SOAP, WSDL und BPEL). Die Komposition geoinformatischer Mehrwertdienste und automatisierbarer Prozessketten war Gegenstand verschiedener wissenschaftlicher Untersuchungen [Jäger et al., 2005; Xie & Zhang, 2008; Schaeffer, 2008; Walenciak & Zipf, 2010; Chunithipaisan & Supavetch, 2011].

Die Untersuchungen stellen heraus, dass eine Umsetzung unter Erweiterung des WPS-Standards und anhand der benannten Web-Service-Technologien realisierbar, jedoch auf verschiedenen Ebenen problembehaftet ist. Der Bereich der Service-Orchestrierung ist auch in der Geoinformatik noch nicht umfassend untersucht, da aktuell erreichte Zwischenergebnisse zwar technisch, jedoch auf Daten- und Prozessebene semantisch nicht interoperabel sind [Brauner 2009; Walenciak & Zipf, 2011]. [Sun, 2010], [Schaeffer, 2007] beschreiben Model-Builder zur Komposition komplexer WPS. Die Erstellung einer Web-Service Komposition gestaltet sich sehr technisch und ist für Nicht-Softwareentwickler ungeeignet. Des Weiteren erfolgt die Komposition eines komplexen WPS ausschließlich auf der Basis verteilter Prozesse. Im Fokus der wissenschaftlichen Gemeinschaft steht darüber hinaus auch die dynamische Bereitstellung von Prozessketten [Schaeffer, 2008; ORCHESTRA] sowie von vollständigen Prozessen [Schaeffer, 2008b] zur Laufzeit. Der Schwerpunkt liegt hier mit WPS-T auf dem Lifecycle-Management der erzeugten komponierten WPS.

Die Modellierung komplexer Geo-Prozesse über einen Model-Builder wird von der Firma ESRI und von 52° North realisiert. Der Model-Builder der Firma ESRI ist in das lokale Geoinformationssystem (GIS) ArcGIS integriert und ermöglicht eine benutzerfreundliche Modellierung komplexer Geoprosesse, die sich einfach als WPS über den ArcGIS-Server anbieten lassen. Der Model-Builder von 52° North geht auf die Ausarbeitung der Diplomarbeit von [Schaeffer, 2007] zurück, ist sehr prototypisch und für Nutzer schwer anzuwenden. Es lassen sich verteilte Prozesse und Daten zu einem benutzerspezifischen komplexen WPS komponieren. Die Verwendung lokaler Geo-Prozesse und -Daten ist nicht möglich.

#### 1.4.1 Eigene Vorarbeiten

DISY brachte als Hintergrund-IPR in das Projekt seine kommerzielle Cadenza Produktfamilie sowie damit eng verbundene Open Source Komponenten ein (Legato), auf deren Basis insbesondere der RichWPS Client und der mobile Client realisiert wurden, ebenso wie der WFS Dienst zur Datenbereitstellung. Im Vorfeld zum Projekt wurde auch bereits die erste Fassung der WPS-Präsentationsdirektiven entworfen. Know-How und Vorkenntnisse zur Projektrealisierung stammen überdies aus einer Reihe früherer kommerzieller Entwicklungen von DISY für Kunden, die sich teilweise an WPS1.0 orientieren. LKN und BAW haben das Projekt in Ergänzung und Fortführung ihrer Aktivitäten zum Aufbau der Marine Dateninfrastruktur Deutschland (MDI-DE)<sup>4</sup> durchgeführt. Ebenso wurde innerhalb

<sup>4</sup> <https://www.mdi-de.org mdi-portal/ui>



der BAW auf Ergebnisse des BMBF-Projekts AufMod<sup>5</sup> („Aufbau von integrierten Modellsystemen zur Analyse der langfristigen Morphodynamik in der Deutschen Bucht“) zurückgegriffen, um bei der Datenbereitstellung für die Pilotierung bei der BAW Synergieeffekte ausnutzen zu können. Beim LKN wurden im Rahmen einer Master Thesis bereits Grundlagen für die Anforderungserhebung von RichWPS gelegt [Rieger, 2011].

#### **1.4.2 Konstruktionen, Verfahren und Schutzrechte, die für die Durchführung des Vorhabens benutzt wurden**

Die Implementierung des RichWPS-Servers erweitert den 52°North WPS Server, der unter der GNU General Public License version 2 als Open Source veröffentlicht ist und übernimmt diese Lizenz damit. Zur Demonstration der WPS-Präsentationsdirektiven wurde im Projekt der WPS-Client der kommerziellen Software Cadenza Web benutzt, für den DISY uneingeschränkte Nutzungs- und Verwertungsrechte besitzt.

#### **1.4.3 Verwendete Fachliteratur**

Brauner, J., Foerster, T., Schaeffer, B. and Baranski, B. (2009): Towards a Research Agenda for Geoprocessing Services. In: J. Haunert, B. Kieler, J. Milde (Hrsg.): Proceedings 12th AGILE International Conference on Advances in GIScience.

Chunithipaisan, S., Supavetch, S. (2011): A Language Design and Implementation for Geospatial Information Services Chaining. In: IEEE International Conference on Spatial Data Mining and Geographical Knowledge Services, ICSDM 2011, S. 241-245.

Hofmann, C. et al. (2010): GDI-Dienste UIS BW - WPS-Dienste im Umweltinformationssystem Baden-Württemberg für die Geodateninfrastruktur Baden-Württemberg. In: R. Mayer-Föll et al.: Kooperative Entwicklung wirtschaftlicher Anwendungen für Umwelt, Verkehr und benachbarte Bereiche in neuen Verwaltungsstrukturen - Phase V. KIT SCIENTIFIC REPORTS No. 7544.

Jäger, E., Altintas, I., Zhang, J., Ludäscher, B., Pennington, D., Michener, W. (2005): A Scientific Workflow Approach to Distributed Geospatial Data Processing using Web Services. In: 17th International Conference on Scientific and Statistical Database Management.

[OGC WPS 1.0] OGC Web Processing Service (WPS) Interface Standard, version 1.0.0. OGC Document 5-007r7. URL: <http://www.opengeospatial.org/standards/wps>.

[OGC WPS 2.0 SWG] OGC Web Processing Service Standards Working Group. URL: <http://www.opengeospatial.org/projects/groups/wps2.0swg>.

[OGC REST SWG] RESTful Services Policy Standards Working Group. URL: <http://www.opengeospatial.org/projects/groups/restfulswg>.

---

<sup>5</sup> <http://www.kfki.de/de/projekte/aufmod>



[ORCHESTRA] Open Architecture and Spatial Data Infrastructure for Risk Management (ORCHESTRA). Projekt-Webauftritt: <http://www.eu-orchestra.org/>.

Rieger, A. (2011): Erstellung eines Web-basierten, semiautomatischen Bewertungsverfahrens für die Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) als Komponente der marinen Geodateninfrastruktur Deutschland (MDI-DE) am Beispiel Makrophyten. Master Arbeit in Geomatik, HafenCity Universität (HCU) Hamburg, Dezember 2011.

Schaeffer, B. (2007): Integrated Web Geoprocessing Workflow Composition and Deployment. Diplomarbeit, Universität Münster.

Schaeffer, B. (2008): Towards a Transactional Web Processing Service (WPS-T). In: E. Pebesma, M. Bishr, T. Bartoschek (Hrsg.): GI-Days 2008 - Proceedings of the 6th Geographic Information Days. IfGIprints Nr. 32, Institut für Geoinformatik, Universität Münster.

Schäffer, B. (2008b): Transactional WPS Extension. OGC Discussion Paper OGC#08-123.

Sun Z. (2010): The Use Of Web 2.0 and Geoprocessing Services to Support Geoscientific Workflows. 18th Int. Conf. on Geoinformatics, Beijing.

Valikov, A. et al. (2010): disy Legato - Übersicht und Einsatzbeispiele für den Web-Mapping-Client im Umweltinformationssystem Baden-Württemberg. In: R. Mayer-Föll et al.: Kooperative Entwicklung wirtschaftlicher Anwendungen für Umwelt, Verkehr und benachbarte Bereiche in neuen Verwaltungsstrukturen - Phase V. KIT SCIENTIFIC REPORTS No. 7544.

Walenciak, G.; Zipf, A. (2010): Designing a Web Processing Service Application Profile for Spatial Analysis in Business Marketing. In: Proceedings AGILE 2010. Guimarães, Portugal.

Walenciak, G.; Zipf, A. (2011): Interoperable Analysen in Geodateninfrastrukturen - Untersuchungen zur Entwicklung von Taxonomien von GIS-Operationen für die Definition von WPS-Profilen. In: AGIT 2011, Symposium Angewandte Geoinformatik, Salzburg, Österreich.

Xie, Z., Zhang, Y. (2008): An Implementation of OGC WPS and BPEL4WS Compliant Dynamic Geoprocessing Services Chain. In: IEEE International Conference on Earth Data Processing and Analysis (ICEODPA).

## 1.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Es erfolgte keine formale Zusammenarbeit, z.B. in Form von Unteraufträgen o.ä., welche die Inhalte, die Projektplanung, die rechtliche Bewertung (Urheberrechte, Schutzrechte etc.) oder die Ressourcenecke des Projekts wesentlich beeinflusst oder beeinträchtigt hätte. Allerdings wurde fachlich bei der Realisierung des RichWPS-Servers und der transaktionalen WPS-Funktionalitäten (WPS-T) des Servers auf Open Source Komponenten und Publikationen von 52°North<sup>6</sup> aufgesetzt. Mit 52°North erfolgte auch ein fachlicher Austausch in direkten bilateralen Treffen sowie bei Tagungen, z.B. des OGC. Die Projektmitarbeiter bei BAW und LKN waren teilweise in engem Kontakt bzw. in Personal-

<sup>6</sup> <http://52north.org/communities/geoprocessing/wps/>



union auch mit Arbeiten der MDI-DE befasst, so dass sich praxisorientierte Anforderungen erarbeiten und reale Testdaten nutzen ließen. Innerhalb der BAW wurde teilweise auf Ergebnisse des BMBF-Projekts AufMod („Aufbau von integrierten Modellsystemen zur Analyse der langfristigen Morphodynamik in der Deutschen Bucht“) zurückgegriffen, um bei der Datenaufbereitung für die Pilotierung bei der BAW Synergieeffekte ausnutzen zu können. Dies gilt insbesondere auch für exemplarische Datenangebote, die im Rahmen der Marinen Daten-Infrastruktur Deutschland (MDI-DE) aus dem Beobachtungssystem zur Erfassung, Vorhersage und wissenschaftlichen Analyse des aktuellen Zustandes und Entwicklung des Küstenmeeres (COSYNA) beim Helmholtz-Zentrum Geesthacht eingebunden werden. Im fachlichen Kontext des Projekts wurden überdies bei DISY mehrere studentische Abschlussarbeiten an der Hochschule Karlsruhe Technik und Wirtschaft (HS-KA) durchgeführt, die auf HS-KA Seite von den jeweils betreuenden Professoren unterstützt wurden (Prof. Dr. Ulrich Bröckl, Prof. Dr.-Ing. Bernhard Bürg, Prof. Dr.-Ing. Thomas Fuchß, Prof. Dr.-Ing. Heinz Saler). In Kooperation mit der HS-KA (Prof. Dr. rer. nat. Detlef Günther-Diringer) und dem Arbeitskreis „Umweltinformationssysteme“ der Fachgruppe 4.6.1 „Umweltinformatik“ in der Gesellschaft für Informatik e.V. wurde überdies im Mai 2014 der Workshop „UIS-2014“ ausgerichtet, in dessen Rahmen WPS-Themen und der RichWPS-Projektansatz erstmals einem größeren Fachpublikum vorgestellt und mit diesem diskutiert wurden. Außerdem hat sich DISY projektbegleitend immer wieder punktuell mit langjährigen Kunden wie LUBW, LGL oder LfU Bayern über den Stand der Praxis zu WPS in der öffentlichen Verwaltung bzw. zu spezifischen WPS-orientierten Fragestellungen informell ausgetauscht.



## 2 Eingehende Darstellung

### 2.1 Verwendung der Zuwendung

#### 2.1.1 Einleitung

**Geodaten** bzw. Daten mit Orts- und Raumbezug sowie raumbezogene Analysen und Auswertungen von Daten sind heute bereits wichtig für vielerlei Zwecke der Wirtschaft und der öffentlichen Verwaltung:

- Natur- und Umweltschutz, Raum- und Umweltplanung, Stadtplanung
- Wasserressourcenmanagement, Hochwassermanagement, Küstenschutz
- Verkehrsplanung und -steuerung, Logistik, Navigation
- Energieerzeugung und -versorgung (gerade auch im Kontext der Energiewende)
- Geomarketing und raumbezogene strategische Unternehmensentscheidungen (Standortauswahl, Gebietsplanung)
- Katastrophenschutz (Vorhersage und Notfallmanagement)
- Tourismus
- u.v.a.m.

Weitere Anwendungsfelder von Geodaten und räumlichen Datenanalysen, die in naher Zukunft voraussichtlich beträchtliche Bedeutung erlangen werden, sind die Präzisionslandwirtschaft und das weite Feld Smart City. Auch für die Wissenschaft sind Geodaten von großem Interesse, zuerst natürlich für die Erd- und Umweltwissenschaften, Geographie, Hydrologie etc., aber auch für neuere Disziplinen, wie z.B. die medizinische Geographie.

Komplexe raumbezogene Fragestellungen, die der Hauptantragsteller DISY im Rahmen seiner kommerziellen Projekte für Kunden aus der öffentlichen Verwaltung beantworten hilft, sind beispielsweise:

- **Umgebungslärm:** In welchem Stadtteil sind wieviele Personen von welchem Lärmpiegel betroffen? Wie ändert sich das, wenn bestimmte Lärmschutzmaßnahmen ergriffen werden?
- **Wasser und Katastrophenschutz:** Wieviele Personen sind von einem drohenden Hochwasser betroffen? Gibt es in dem betroffenen Bereich produzierendes Gewerbe mit Gefahrstoffen? Wie würde sich eine Gefährdung durch solche Stoffe ausbreiten?
- **Bewirtschaftung von Wasserstraßen:** An welchen Stellen am Rhein lohnt sich eine Baumaßnahme am Flussverlauf, um die kontinuierliche Ausbaggerung von Sedimenten zu reduzieren? Rechtfertigt das Schifffahrtsverkehrsaufkommen die Kosten?
- **Straßenverkehr:** Wo sind geeignete Ausgleichsflächen für eine bestimmte Baumaßnahme zu finden? Welche Kosten und Randbedingungen sind damit verbunden?



- **Landwirtschaft:** Management und Auswertung von EU-Fördergeldern: Welcher Landwirt bekommt aufgrund welchen Anbauverhaltens welche Förderung?

Die **Verfügbarkeit, Menge und Aktualität von Geodaten** und georeferenzierten Daten **wird** überdies in den kommenden Jahren **massiv anwachsen**, angetrieben von technischen Entwicklungen wie z.B.:

- Umfassendere, preisgünstigere und einfachere Verfügbarkeit von Satellitendaten und daraus abgeleiteten Datenprodukten;
- bessere und billigere Möglichkeiten zur Erdbeobachtung mit unbemannten Flugobjekten (Drohnen, Kopter, ...);
- zunehmende Verwendung mobiler Endgeräte mit GPS und Internetzugang für die mobile Datenerzeugung (Trends wie Volunteered Geographic Information, aber auch georeferenzierte Social Media Inhalte);
- Veröffentlichungspflichten und Open Data Initiativen in der öffentlichen Verwaltung (z.B. INSPIRE-Direktive der EU);
- Ausbau verteilter Sensornetzwerke mit Datenfernübertragung (z.B. in der Hochwasserüberwachung) sowie mobiler in-situ Sensorik in verschiedenen Anwendungsgebieten (z.B. in der Land- oder Forstwirtschaft).

Die Erwartung liegt nahe, dass solche explosionsartig anwachsende Verfügbarkeit preisgünstiger und immer genauerer und vielfältigerer Geodaten auch die Ideen für darauf basierende Produkte und Dienstleistungen befriert. Hieraus ergeben sich vielversprechende wirtschaftliche Potenziale und **günstige Prognosen für die Entwicklung der Geodatenwirtschaft**.

Gleichzeitig ist die Geoinformatik von einem hohen Maß an Vielfalt und einer **großen Heterogenität** von Datenformaten, Kommunikationsprotokollen, Software-Werkzeugen etc. geprägt. Im Software-Bereich gibt es (1) einige wenige internationale Marktführer (bei denen die Endanwender stets auf der Hut vor einem *Vendor Lock-In* sein müssen), (2) vielfältige leistungsfähige Open Source Software (die wiederum für praxisrelevante Anwendungen häufig mit den vorgenannten internationalen „Big Playern“ interoperabel sein sollten) sowie (3) eine große Zahl kleiner und kleinster Softwarehersteller und Ingenieurbüros, die in vertikalen Anwendungsnischen (beratende Ingenieure für Deponiebau, Altlastenentsorgung, Umwelttechnik, ...) ihre hochspezialisierte Fachexpertise nutzen, dabei vielfältige Fremddaten verarbeiten müssen, häufig auch eigene kleinere Softwaremodule erzeugen usw. Hinzu kommt eine gewisse Anzahl von etwas größeren Softwarehäusern, zu denen auch DISY zählt, die – teilweise mit Eigenentwicklungen, teilweise in Kooperation mit einer der vorgenannten ersten beiden Gruppen) – als Systemintegratoren in komplexeren Anwendungskontexten Software-Lösungen aufbauen und weiterentwickeln. In einem solchen Umfeld ist es offensichtlich, dass es sowohl im Interesse der Endnutzer als auch im Interesse der meisten oben genannten kommerziellen Akteure liegt, durch eine möglichst weitgehende Standardisierung eine hochgradige Interoperabilität von Software-Lösungen sicherzustellen.

Dies begründet die **Bedeutung offener Standards** für Daten- und Metadatenmodelle, für Kommunikationsarchitekturen und –protokolle als Voraussetzung für die breite Nutzung von Geodaten und für



interoperable Geodateninfrastrukturen (GDlen). Sehr großes Gewicht kommt dabei den Standards des **Open Geospatial Consortium (OGC)** zu, welche die verschiedensten Aspekte der Nutzung und des Austausch von Geodaten reglementieren. OGC Standards, Best Practices und Empfehlungen finden in der öffentlichen Verwaltung, in Industrie und Wissenschaft gleichermaßen Verwendung. Das OGC hat sich seit seiner Gründung 1994 zur maßgeblichen internationalen Organisation für Standards im Geodatenbereich entwickelt. Zusammen mit den Normen der ISO schaffen die OGC-Standards die Voraussetzung für moderne und zukunftssichere Geodateninfrastrukturen. Mit der europäischen Geodateninitiative INSPIRE werden sie zudem in wachsendem Ausmaß Grundlage für den überregionalen und internationalen Austausch von Geodaten in der öffentlichen Verwaltung bzw. zwischen Verwaltung und Bürgern.

Dabei sind die einfacheren OGC-Standards zur Informationsbereitstellung im Web (*Web Feature Service* WFS für Geodatenzugriff und *Web Map Service* WMS für den Landkartenzugriff) bereits sehr weit verbreitet. Bei Weitem noch nicht dieselbe Verbreitung hat dagegen der **Web Processing Service WPS**<sup>7</sup> erreicht, der zum Anbieten und Nutzen komplexer räumlicher Verarbeitungen und Analysen im Internet verwendet werden kann.

Der **WPS Standard**<sup>8</sup> beschreibt, wie räumliche Verarbeitungsprozesse über eine Web-Schnittstelle angesprochen werden können. Solche Verarbeitungsprozesse können jegliche Algorithmen, Berechnungen oder Modelle umfassen, die räumlich referenzierte Vektor- oder Rasterdaten verarbeiten. Ein WPS kann ganz einfache Berechnungen anbieten, wie die Subtraktion einer räumlich referenzierten Zahl von einer anderen (z.B. die Ermittlung der Differenz der Anzahl der Grippeerkrankungen zwischen zwei Jahren an einem bestimmten Ort) oder etwas so kompliziertes wie ein globales Modell der Klimaveränderung.

Die **Nutzeffekte**, die man sich bei der Verwendung von WPS in der Geodatenverarbeitung verspricht, entsprechen denen, die man allgemein aus der Diensteorientierung im Software Engineering und im Internet bereits kennt:

- **Wiederverwendung:** einmalige Bereitstellung von Verarbeitungen, die dann überall genutzt werden können.
- **Vereinfachte Wartung:** Prozesse und Modelle werden zentral von denjenigen gewartet, die sie auch erzeugt haben.
- **Verkettung** von Prozessierungen.
- **Reduzierung der Komplexität** bei der Datenverarbeitung durch Bereitstellung von Plug&Play-Algorithmen.

<sup>7</sup> <http://opengeospatial.org/standards/wps>

<sup>8</sup> Vgl. [http://live.osgeo.org/de/standards/wps\\_overview.html](http://live.osgeo.org/de/standards/wps_overview.html)



- **Datenaktualität:** ein WPS beim Datenanbieter kann jederzeit die aktuellsten Daten verwenden.
- **Schonung lokaler Ressourcen:** dezentrales System kann im Netz verteilte Rechenleistung nutzen, auch von zentralen Hochleistungsrechnern; gerade in Kombination mit (ressourcenlimitierten) mobilen Endgeräten ist dies von großem Interesse.
- **Komplexe Prozesse:** einfache und interoperable Umsetzung und Nutzung auch hochkomplexer Prozesse (Klimamodelle u.ä.).
- **Beschränkung des Datenzugriffs:** ein WPS kann ein Ergebnis liefern, das auf Daten beruht, welche selber nicht nach außen gegeben werden sollen/ dürfen.
- **Bereitstellung in unterschiedlichen Systemen:** WPS kann in Geoportalen oder Web-Anwendungen eingebunden werden, so dass auch z.B. die allgemeine Öffentlichkeit ohne Kenntnisse von GIS die Ergebnisse komplexer Geodatenprozessierungen nutzen kann.

Sowie etwas technischer:

- WPS unterstützt verschiedene Web Service **Kommunikationsmodi:** KVP Get, XML Post, und SOAP.
- **Skalierbarkeit:** WPS erlaubt grundsätzlich unbegrenzt viele Interfaces und ermöglicht somit den Zugriff auf Grid-, Cloud- und Hochleistungsrechner über eine einfache Interface-Middleware .
- **Sicherheit:** Zugriff auf WPS-Prozesse kann durch eine Reihe von Standard Web Service Schutzmechanismen beschränkt werden, so wie Firewalls oder HTTPS.

In FuE-Projekten und akademischen Arbeiten wurde etwa im Zeitraum 2005 bis 2012 eine Vielzahl sehr interessanter und auch praxisrelevanter Prototypen unter WPS-Nutzung realisiert, beispielsweise für Anwendungen wie:

- Evakuierungsszenario bei Bombenfund [Weiser et al., 2006]
- Solarpotenzialanalyse [Lanig & Zipf, 2010]
- Forstliche Simulationsmodelle [Müller, 2012]
- Umweltfolgenabschätzung für Photovoltaik-Panels [GENESIS, 2011]
- Beobachtung und Prognose von Luftqualität [GENESIS, 2011]
- Waldbrand-Risikoabschätzung [ORCHESTRA, 2007]
- Wassermanagement [Diaz et al, 2007]
- Immobilienbewertung [Stollberg & Zipf, 2008]
- Dünger-Einsatzplanung [Cepicky, 2008]



Trotz dieser vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten ist nach Kenntnis der Projektbeteiligten (was auch durch unabhängige Arbeiten bestätigt wird [Lopez-Pellicer et al., 2011], [Vollmer, 2013]) die Nutzung von WPS in Verwaltung und Firmen erstaunlich gering. Diese Beobachtung war der Ausgangspunkt für das Projekt RichWPS, das sich zum Ziel gesetzt hat,

- Schwachstellen für die Nutzung von WPS in der Praxis zu identifizieren und dadurch Konzepte für die Weiterentwicklung der Werkzeuglandschaft und/oder des Standards abzuleiten;
- eine Rich-WPS-Entwicklungsumgebung („Geoprocessing Model Builder“) prototypisch zu implementieren, die es erfahrenen Fachanwendern ermöglicht, komplexe GDI-Auswertungen benutzerfreundlich aus existierenden Diensten graphisch zu modellieren;
- die Client- und Server-Komponenten, die zur Ausführung des Rich-WPS-Szenarios erforderlich sind, prototypisch zu realisieren;
- zwei konkrete Anwendungsszenarien aus der öffentlichen Verwaltung mit den entwickelten Technologien umzusetzen und anhand dieser Erfahrungen die technologischen Konzepte zu validieren und bewerten; sowie
- die Erkenntnisse und Ergebnisse des Projekts aktiv in der Community der Nutzer und der Standardisierer von WPS zu kommunizieren und zu diskutieren, um damit eine weitere Entwicklung und die weitere Verbreitung der Technologie zu fördern.

In den weiteren Teilen dieses Unterkapitels werden:

- in 2.1.2 zunächst noch einmal grundlegende Begriffe erläutert und die wesentlichen konzeptionellen Entscheidungen und Entwicklungen des Projekts vorgestellt;
- in 2.1.3 die entwickelten Software-Prototypen dargestellt; und
- in 2.1.4 die Pilotimplementierungen bei den beiden Praxispartnern beschrieben.

## 2.1.2 Projektergebnisse: Konzeptionelle Ergebnisse

### Kontextanalyse

**Service-orientierte Architekturen (SOA)** sind ein Paradigma für die Verteilung von Datenverarbeitungsfunktionalität auf verschiedene Software-Komponenten. Die Komponenten bieten Konsumenten ihre Funktionalität über eine standardisierte Schnittstelle an. Anbieter dieser Funktionalität heißen **Dienste** (Service). Konsumenten heißen **Klienten** (Client). Durch die Aufteilung der Funktionalität und die Vereinheitlichung der entstandenen Schnittstellen werden Teilfunktionalitäten voneinander entkoppelt und dadurch wiederverwendbar. Über Verzeichnisdienste können Clients geeignete Dienste finden im Web und diese in eigene Programme und Anwendungen einbinden. Wenn Dienste über mehrere Computer verteilt werden und über ein Netzwerk wie das Internet kommunizieren, spricht man von Webservices oder **Webdiensten**. Heute verfügbare SOA-Standards wurden überwiegend von den Standardisierungsgremien *World Wide Web Consortium* (W3C) und *Organization for the Advancement of Structured Information Standards* (OASIS) ausgearbeitet. Sie sind in klassischen SOAs weitestgehend konkurrenzlos. Als ein wichtiges Merkmal einer SOA wird die



**Komposition von Diensten** angesehen. Ein Dienst kann weitere Dienste ansprechen und ausführen. Dienste, die sich so verhalten, werden als komponierte Dienste (*Composed Services*) bezeichnet, Dienste, die keine weiteren Dienste verwenden werden als Basisdienste (*Basic Services*) bezeichnet. Dienste, die ganze Geschäftsprozesse realisieren, werden als Prozessdienste (*Process Services*) bezeichnet; sie können sowohl komponierte Dienste als auch Basisdienste verwenden.

Eine **Geodateninfrastruktur (GDI)** (engl. *Spatial Data Infrastructure*, SDI) ist aus technologischer Sicht eine Sonderform der klassischen SOA. Ihr Hauptmerkmal besteht darin, dass sie für die Verarbeitung raumbezogener Daten ausgelegt ist; sie ist jedoch nicht darauf beschränkt. Auf dem Gebiet der GDI gibt es neben den Standards von W3C und OASIS noch die des *Open Geospatial Consortium* (OGC). Diese sog. **OGC Webservice-Standards (OWS)** sind in GDIs weit verbreitet.

Die im Projekt entwickelten Komponenten der Softwareumgebung können in bestehende GDIs eingebettet werden. Wesentlicher Bestandteil einer GDI, wenngleich nicht sonderlich verbreitet, ist der Web Processing Service (WPS). Dieser Dienst hat die Aufgabe Prozessierungsfunktionalität für Geodaten bereitzustellen, beispielweise räumliche Analysen oder Koordinatentransformationen. Weitere Dienste, die häufig in GDIs zu finden sind, sind der *Web Feature Service* (WFS) und der *Web Coverage Service* (WCS) zur Datenbereitstellung sowie der *Web Map Service* (WMS) zur Visualisierung von Daten. Wie oben angemerkt, ist Dienste-Komposition ein wesentliches Merkmal einer SOA. Eine spezifische Ausprägung davon ist die Möglichkeit, Dienste (hier Webservices) von zentraler Stelle aus automatisiert anzusprechen und hintereinander aufzurufen; dabei werden Daten, die von einem Dienst ausgegeben werden, als Eingabeparameter für einen folgenden verwendet. Diese sukzessive Ausführung von Aufrufen wird als **Orchestrierung** bezeichnet. Wenn es sich dabei um einen Kontrollfluss ohne Kontrollstrukturen handelt, wird von **Chaining** gesprochen. Obwohl in den klassischen SOAs weitgehend bearbeitet, gibt es im Bereich der GDI noch keine praxistauglichen Lösungen, um Orchestrierung von WPS-Diensten zu realisieren.

Eine Lösung benötigt mindestens eine sog. Orchestrierungsengine und eine Modellierungsumgebung. Die **Orchestrierungsengine** führt die Aufrufe der verschiedenen Webservices durch. Dazu arbeitet sie eine vordefinierte Arbeitsablaufbeschreibung ab. Eine Orchestrierungsengine kann einen Arbeitsablauf (engl. Workflow) als Webservice anbieten – dies ist üblicherweise das erwünschte Vorgehen. Bei einer **Modellierungsumgebung** handelt es sich um eine Software, die es Anwendern erlaubt Arbeitsabläufe zu modellieren. Ein Arbeitsablauf wird von einem Anwender grafisch modelliert, anschließend in eine maschinenlesbare Form übersetzt und dann auf der Orchestrierungsengine zur Ausführung bereitgestellt. Aufgrund seiner Vielseitigkeit stellt der WPS den ersten Basisdienst für die Orchestrierung dar.

### RichWPS-Konzept zur Orchestrierung

Vorhandene Forschungsansätze setzen WPS-Orchestrierung im Wesentlichen auf Basis der W3C-basierten Standards BPEL, SOAP und WSDL ein. Dabei wird ein WPS in einem W3C-Webservice gekapselt und ausschließlich über diese Schnittstelle angesprochen. Die Kapselung wird in der WPS 1.0 Spezifikation beschrieben und ist standardkonform, jedoch redundant, denn für die Geodaten-



verarbeitung eigens einen Dienst zu konzipieren ist nur sinnvoll, wenn dieser auch verwendet wird. In der Orchestrierung kann der WPS sowohl als Basisdienst als auch für einen komponierten Dienst eingesetzt werden. Um komponierte Dienste und Prozessdienste zu realisieren, wird im Projekt in allen Schnittstellen WPS umgesetzt. Dieser Ansatz ermöglicht eine Verschachtelung von komponierten Diensten in anderen komponierten Diensten oder Prozessdiensten. Ansätze, die diese Art von Wiederverwendung verfolgen, sind selten. Solche, die es tun, setzen keine praxistaugliche Orchestrationsengine ein. Damit ist der in RichWPS verfolgte Ansatz ein Alleinstellungsmerkmal. Im Weiteren wird auf Grund des Prozesskonzeptes von WPS, anstatt von Diensten auch von WPS-Prozessen gesprochen.

Um Aufwand zu sparen, wurde entschieden die Orchestrationsengine in einen bestehenden WPS-Server einzubetten. Nach verschiedenen Abwägungen wurde hierfür der WPS-Server der 52°North Initiative for Geospatial Open Source Software GmbH festgelegt<sup>9</sup>. Dieser ist Java-basiert und unterstützt Prozesse in multiplen Programmiersprachen. Darüber hinaus ist der 52°North WPS Server die Referenzimplementierung für WPS 1.0.

Vor der Umsetzung der Orchestrierung wurden bestehende Lösungen eingehend untersucht. Zu jedem Ansatz gehört eine Arbeitsablaufbeschreibung und eine Orchestrationsengine, welche die Beschreibung ausführt. Untersucht wurden allen voran Ansätze mit der Business **Process Execution Language** (BPEL) und entsprechender Orchestrationsengine. BPEL setzt allerdings auf den W3C und OASIS Standards auf und kann für OWS nur mit unverhältnismäßigem Aufwand angepasst werden. Gleiches gilt für Ansätze mit **Skriptsprachen** wie JOLIE und Orc. Weitere Ansätze verfolgen eine programmiertechnische Umsetzung mit sog. **General Purpose Languages** (GPL), bei der auf eine Orchestrationsengine verzichtet wird und Aufrufe von Basisprozessen in den komponierten Prozessen fest codiert werden. Obwohl sehr mächtig, benötigen diese Ansätze Programmierfertigkeiten, die bei Fachanwendern oft nicht vorhanden sind. Der Vollständigkeit halber muss schließlich noch das **Request Chaining** genannt werden. Dabei handelt es sich um ein Verfahren, das Komposition im herkömmlichen Sinne nicht kennt. Beim Aufruf eines Prozesses werden die Informationen für die Folgeaufrufe in der Anfrage gekapselt. Der aufgerufene WPS führt die für ihn bestimmten Aufrufe aus und leitet die innere(n) Anfrage(n) wiederum weiter. Es entsteht eine Kaskade aus Aufrufen. Dieses Verfahren ist in WPS 1.0 spezifiziert. Es ist allerdings für die geplante Verwendung ungeeignet, da keine zentrale Bereitstellung von Funktionalität (z.B. in Form eines Prozessdienstes) stattfindet. Für RichWPS wurde schließlich eine **eigene Arbeitsablaufbeschreibungssprache** konzipiert und umgesetzt. Diese ist **skriptbasiert**, sie muss also vor der Ausführung nicht in Maschinencode übersetzt werden und liegt als **Menschen- und Maschinen-lesbares Textdokument** vor. Das Trägerdokument kann somit auf einfache Weise an die Orchestrationsengine übertragen werden. RichWPS greift hier auf vorhandene Forschungsergebnisse zurück und setzt **WPS-Transactional (WPS-T)** ein, ein Übertragungsprotokoll für Arbeitsablaufartefakte. WPS-T war für die Standardisierung in WPS 2.0 im

---

<sup>9</sup> <http://52north.org/communities/geoprocessing/wps/>

Gespräch, wurde jedoch bis zum Berichtszeitpunkt nicht berücksichtigt. Der „RichWPS-Server“, besteht konzeptionell aus den in Abbildung 1 dargestellten Komponenten.

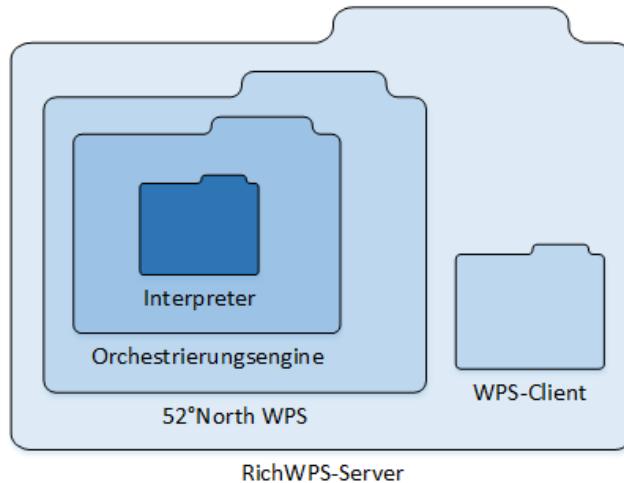


Abbildung 1: Konzeptionelle Komponenten des RichWPS-Servers

Den Rahmen bildet der RichWPS-Server. Dieser nimmt in sich den 52°North WPS Server auf, welcher um die Orchestrierungsengine erweitert wurde. Die Orchestrierungsengine enthält zur Interpretation der selbstentwickelten Arbeitsablaufbeschreibung einen Interpreter. Für Aufrufe von Unterprozessen (Basis- oder komponierte Dienste) verwendet der Server den WPS-Client von 52° North. Bei unseren Untersuchungen fiel auf, dass WPS Clients, zumindest die FOSS-Clients, nicht mit WPS-Servern aus anderen Projekten kommunizieren können. Dies ist auf kleinere Unterschiede in der Implementierung des Standards, zurückzuführen. Daher fiel die Wahl auf diesen Client.

### RichWPS-Konzept zur Modellierung

Der zweite Teil der Konzepte betrifft die Modellierung von Arbeitsabläufen, sowie deren Darstellung und Persistierung. Da Fachanwender die Software bedienen können sollen, soll die Modellierung mit Hilfe einer Anwendungssoftware mit grafischer Benutzeroberfläche ermöglicht werden. Aus praktischen Gründen wurde die Vorgabe gemacht, mit der Programmiersprache Java zu arbeiten. Dort sind, insbesondere auf dem Gebiet der Geodatenverarbeitung, verschiedene für das Projekt einsetzbare Bibliotheken bereits verfügbar. Bei der Realisierung war der Diagrammeditor/Modelleditor als die größte Herausforderung absehbar, daher wurden zunächst verschiedene Bibliotheken und Frameworks untersucht und gegeneinander abgewogen. Letztendlich wurde entschieden, die offene Bibliothek **JGraphX**<sup>10</sup> in Kombination mit **Java SWING**<sup>11</sup> einzusetzen. Der Modellierungsvorgang

<sup>10</sup> <https://github.com/jgraph/jgraphx>

<sup>11</sup> <http://www.java-tutorial.org/swing.html>

orientiert sich an vorhandenen Diagramm-Editoren wie beispielsweise Visual Paradigm, Taverna, yEd, MS Visio usw. Aus einer Palette verfügbarer Diagrammelemente werden Diagrammelemente via *Drag-and-Drop* auf eine Diagrammfläche gezogen und durch Pfeile miteinander verbunden.

Im ersten Schritt wird ein **Computational Independent Model (CIM)** realisiert. Dieses beschreibt statisch, wie die einzelnen Prozesse miteinander interagieren. Es wird jedoch noch keine Instruktionsliste abgeleitet. Ein einfaches Modell, das die Verschneidung zweier Flächen realisiert, ist in Abbildung 2 dargestellt. Die eingesetzte Notation wurde eigens entwickelt und **RichWPS Orchestration Language (ROLA)** genannt.

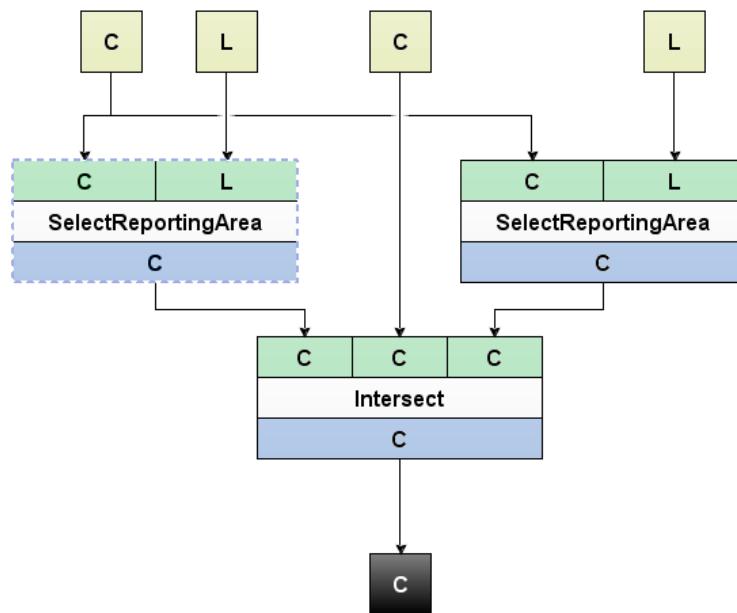


Abbildung 2: Computational Independent Model, realisiert mit ROLA

Oben und unten im Diagramm sind in quadratischen Blöcken Inputs (gelb) und Outputs (schwarz) dargestellt. Die Buchstaben zeigen an, welchen WPS-Datentyp ein Port unterstützt. Die rechteckigen Blöcke in der Mitte symbolisieren die WPS-Prozesse; auch diese haben Inputs (grün) und Outputs (blau); die Beschriftung entspricht dem Titel des Prozesses. Die Pfeile geben an, wie Ein- und Ausgaben weiterverarbeitet werden sollen. Obwohl übersichtlicher, ist die Leserichtung von oben nach unten nicht zwingend.

Das CIM wird vor der Ausführung in ein **Platform Independent Model (PIM)** transformiert. Dieses entspricht der zuvor genannten maschinen-lesbaren Arbeitsablaufbeschreibung. Dazu wird das CIM analysiert und in eine Liste von Instruktionen übersetzt. Die Instruktionen sind entsprechend der Textversion von ROLA angegeben und in Abbildung 3 exemplarisch dargestellt.



```

bind process net.disy.wps.lkn.processes.SelectReportingArea to
local/net.disy.wps.lkn.processes.SelectReportingArea

bind process net.disy.wps.lkn.mpa.processes.Intersect to
local/net.disy.wps.lkn.mpa.processes.Intersect

execute local/net.disy.wps.lkn.processes.SelectReportingArea with
in.reportingareas as reportingareas in.areal as area store
reportingarea as var.reportingarea_2

execute local/net.disy.wps.lkn.processes.SelectReportingArea with
in.area2 as area in.reportingareas as reportingareas store
reportingarea as var.reportingarea_1

execute local/net.disy.wps.lkn.mpa.processes.Intersect with
in.topography as topography var.reportingarea_1 as
relevantTopographyYears var.reportingarea_2 as reportingAreas store
intersections as out.intersections

```

Abbildung 3: Platform Independent Model, realisiert mit ROLA

Das PIM wird mittels WPS-T zusammen mit der Interfacebeschreibung an den RichWPS-Server übertragen, wo es zur Ausführung bereitsteht. Die Integrität der Sprache wird mittels **XText**<sup>12</sup> sichergestellt.

### RichWPS-Konzept zur Service-Discovery

Vor der Modellierung müssen verfügbare Prozesse gesucht und gefunden (Service-Discovery) werden. Die **Metadaten**, die diese Prozesse beschreiben, bilden die Grundlage für die in der Palette bereitgestellten Prozesse. Für das Discovery stehen zwei Vorgehensweisen zur Verfügung. Erstens kann der ModelBuilder zum Anwendungsstart im angeschlossenen Netzwerk selbstständig nach WPS-Instanzen suchen. Er nutzt dabei deren Selbstbeschreibungsfähigkeiten, um Informationen über die jeweilig verfügbaren Prozesse abzurufen. Die Informationen, die so erhalten werden können, sind jedoch auf die Prozesssignatur und auf die freiwillig vom Anbieter des WPS bereitgestellten Informationen begrenzt. Abhängig von der jeweiligen Umgebung ist außerdem eine Suche im Netzwerk jeweils zum Anwendungsstart potentiell sehr langwierig. Für Anwender ist die Verzögerung nicht nachvollziehbar, insbesondere wenn nur bestimmte Informationen benötigt werden.

Die zweite Möglichkeit besteht darin, einen **Verzeichnisdienst** zu benutzen. Dieser ist, wenn er neu entworfen wird, frei gestaltbar. RichWPS geht beide Wege, wobei allerdings die direkte Suche als Fallback-Strategie für einen nicht vorhandenen Verzeichnisdienst angesehen wird.

<sup>12</sup> <https://eclipse.org/Xtext/>



Der Verzeichnisdienst in RichWPS wird als **SemanticProxy** bezeichnet. Er dient in erster Linie der Bereitstellung des Objektmodells aller WPS-Instanzen und ihrer Prozesse. Unterstützt werden sowohl Browsing als auch die Suche nach konkreten Prozessen mittels Stichwort. Mit dem Datenbestand kann mithilfe der **CRUD-Operationen (Create, Read, Update, Delete)** interagiert werden. Der gesamte Informationsbestand wird durch **semantische Daten** abgebildet. Hierzu eignet sich das *Resource Description Framework (RDF)*<sup>13</sup>. RDF ermöglicht eine Verlinkung von Ressourcenbeschreibungen innerhalb der Datenbank, aber auch über Systemgrenzen hinweg. Ressourcen sind dabei frei wählbare Entitäten, wie beispielsweise Prozess oder Input. RDF verwendet ein Vokabular, um Links zwischen Ressourcen wieder mittels Ressourcen beschreiben. Das Vokabular dient dazu, den Datenbestand zu strukturieren – ein Prozess hat beispielsweise Inputs und Outputs, diese haben Datentypen usw. Die Idee, Webservices semantisch zur beschreiben, gibt es als Forschungsvorhaben schon seit geraumer Zeit,<sup>14</sup> eine allgemein akzeptierte und in der Praxis weit verbreitete Lösung hat sich jedoch bisher noch nicht durchgesetzt. Für die Interaktion mit dem SemanticProxy wird das **REST-Paradigma**<sup>15</sup> eingesetzt. Dieses ist ein leichtgewichtiger und bewährter Ansatz, um Webservices umzusetzen. In diesem Zusammenhang birgt es außerdem den Vorteil, dass es mit der Verlinkung der RDF-Ressourcen kompatibel ist. Um die Start-up-Zeit des ModelBuilders zu reduzieren, erfolgt der Zugriff auf die Daten nach und nach zur Laufzeit (*Lazy Loading*). Der SemanticProxy wurde als manuell zu pflegendes System entworfen, bietet darüber hinaus aber die Möglichkeit, einmalig, vorgegebene WPS-Instanzen zu analysieren und zu importieren. Das soll Administratoren entlasten, indem Wartungsarbeit reduziert wird.

Häufig spielen beim Entwurf von Arbeitsabläufen **nicht-funktionale Anforderungen** eine Rolle. Diese Anforderungen betreffen beispielsweise die **Dienstgüte** (Antwortzeit, Verfügbarkeit, Datendurchsatz, ...). Anwender sollen Vorgaben machen und prüfen können, ob diese erfüllt wurden. RichWPS nähert sich dieser Aufgabe so an, dass für einzelne Prozesse Vorgaben gemacht werden können und diese im SemanticProxy gespeichert werden. Damit stehen diese gleichzeitig anderen Nutzern zur Verfügung. Mit Hilfe eines WPS-Monitors können die Ist-Werte der Dienstgüte gemessen werden. Anschließend kann überprüft werden, ob die tatsächlichen Werte der Basisprozesse den Vorgaben entsprechen. Anwender haben dann ggf. die Möglichkeit, leistungsschwache Prozesse in ihren Modellen gegen stärkere auszutauschen.

### RichWPS-Zusatzfunktionalität Lifecyclemangement

Modellierte Arbeitsabläufe können in bestehenden Lösungen meist nur bereitgestellt (**Deployment**) und zurückgenommen (**Undeployment**) werden. Der traditionelle Lebenszyklus eines Arbeitsablaufs

<sup>13</sup> <http://www.w3.org/RDF/>

<sup>14</sup> Siehe z.B. R. Studer, S. Grimm, A. Abecker (Hrsg.): Semantic Web Services – Concepts, Technologies, and Applications, Springer-Verlag 2007.

Oder: D. Fensel, F.M. Facca, E. Simperl, I. Toma: Semantic Web Services, Springer-Verlag 2011.

<sup>15</sup> [https://de.wikipedia.org/wiki/Representational\\_State\\_Transfer](https://de.wikipedia.org/wiki/Representational_State_Transfer)

ist aber oftmals komplexer und umfasst Modellierung, Bereitstellung, Ausführung und **Monitoring/Testing**. RichWPS soll Anwender auch beim Testen der Arbeitsabläufe unterstützen. Dazu muss es möglich sein, *Zwischenergebnisse* der Prozessausführung abzufragen und zu inspizieren. Dies ermöglicht es fehlerhafte Stellen leichter zu erkennen. Der Vorgang wird mit einem *Hot-Deployment* realisiert; dabei wird die Arbeitsablaufbeschreibung nur für die Dauer des Tests auf dem RichWPS-Server vorgehalten.

Das Gleiche wird analog für ein **Performance-Profiling**. Diesmal werden jedoch statt der Zwischenergebnisse die *Ausführungszeiten* für die Basisprozesse abgefragt.

In RichWPS wird davon ausgegangen, dass Webservices über lange Zeiträume verfügbar gehalten werden müssen. Dies ist sehr aufwändig; der Aufwand nimmt mit der Komplexität der Prozesse zu, weil komponierte Prozesse bei jeder Änderung eines ihrer Basisprozesse potentiell angepasst werden müssen. Eine Orchestrierungsumgebung wie RichWPS kann hier eine Vereinfachung schaffen.

### 2.1.3 Projektergebnisse: Entwickelte Software-Komponenten

Die wichtigsten im Projekt erstellten Softwarekomponenten wurden in AP2 (ModelBuilder, SemanticProxy, Monitor) und AP3 (RichWPS-Client, RichWPS-Server) realisiert.

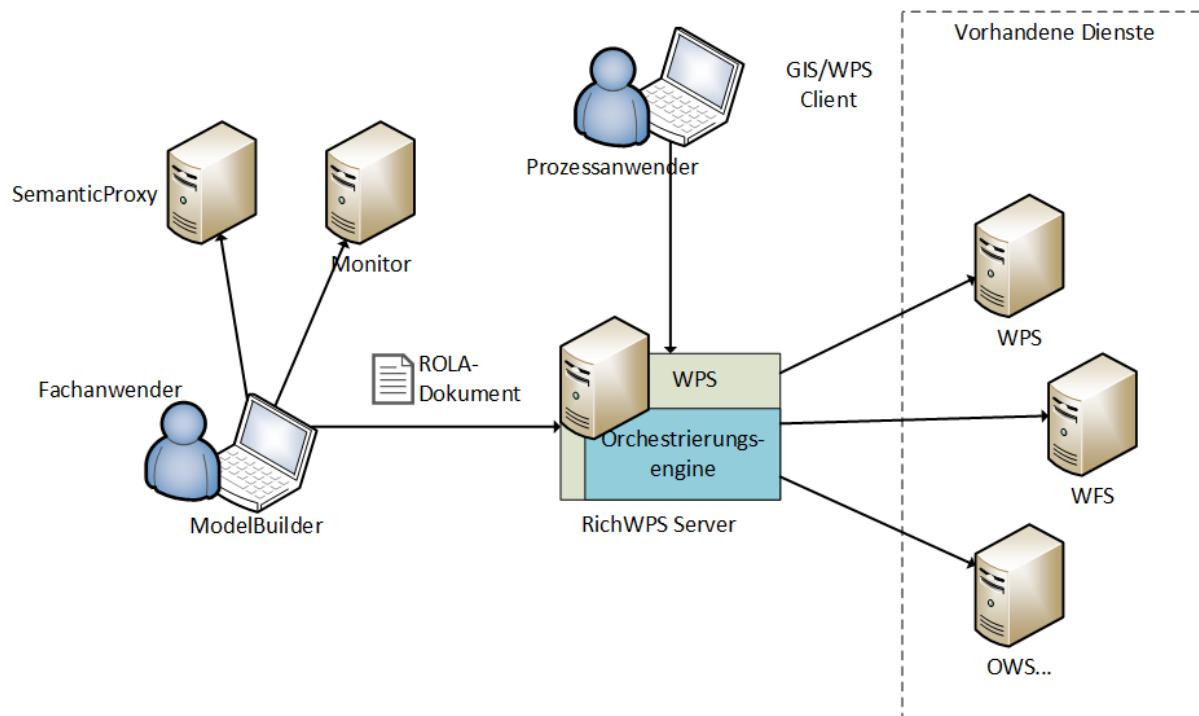


Abbildung 4: Haupt-Komponenten der RichWPS Software-Architektur

Abbildung 4 zeigt die Komponenten und ihre Interaktion in RichWPS. Die Pfeile beschreiben jeweils eine „benutzt“-Beziehung. Als alleinstehende Komponenten wurden umgesetzt: SemanticProxy,



Monitor, ModelBuilder und RichWPS-Server. Diese sind als Open Source Software entwickelt worden und frei auf <https://github.com/richwps> verfügbar. Für die Entwicklung wurde die **NetBeans IDE**<sup>16</sup> in Kombination mit der **Build Management Software Maven**<sup>17</sup> eingesetzt. Die zu Grunde liegende Software-Suite gliedert sich wie in Tabelle 5 dargestellt in folgende Teilprojekte auf.

<b>Commons</b>	ROLA, 52°North WPS Client
<b>ModelBuilder</b>	Zentrale Anwendung zur Modellierung.
<b>RichWPS-Server mit Prozessen</b>	Für RichWPS erweiterter WPS 1.0-Server auf der Basis des 52°North WPS-Servers 3.3.0. Der Server tritt mit drei Profilen auf, die sich durch die jeweilig bereitgestellten Prozesse unterscheiden. <ul style="list-style-type: none"> <li>• HS-OS-Profil</li> <li>• LKN- Profil</li> <li>• BAW- Profil</li> </ul>
<b>BAW Web-Client</b>	Webbasierte grafische Oberfläche eines WPS Clients für den BAW-Anwendungsfall
<b>SemanticProxy</b>	Verzeichnisdienst für den ModelBuilder
<b>SemanticProxyClient</b>	Client-Komponente, die dem ModelBuilder erlaubt auf den SemanticProxy zuzugreifen.
<b>Monitor</b>	Überwacht WPS-Prozesse und protokolliert Leistungsdaten für den ModelBuilder.
<b>MonitorClient</b>	Client-Komponente, die dem ModelBuilder erlaubt auf den Monitor zuzugreifen.

Tabelle 5: Softwarekomponenten in RichWPS

Das Zusammenspiel der Komponenten aus Abbildung 4 sei noch einmal im Überblick dargestellt: Wir starten damit, dass ein **Fachanwender** einer Organisation (Behörde, Firma, Universität) einen neuen komplexen Geodatenverarbeitungsprozess modellieren möchte, der sich aus existierenden Implementierungen für Teil-Arbeitsschritte zusammensetzt. Um den neuen Prozess aus Teilen zusammenzusetzen, verwendet dieser Fachanwender den RichWPS **ModelBuilder**. Im ModelBuilder kann die neue Anwendung graphisch aus bestehenden Bausteinen zusammengesetzt werden, wobei beispielsweise die Passgenauigkeit der Datentypen von Input- und Output-Parametern zweier verbundener Teilschritte automatisch überprüft werden kann etc.. Um dies zu ermöglichen, muss zunächst die Menge der verfügbaren, wiederverwendbaren Bausteine dem ModelBuilder bekannt sein sowie wichtige Eigenschaften dieser Bausteine ebenfalls in Form maschinenvorarbeiterbarer Metadaten beschrieben sein. Als Verzeichnis wiederverwendbarer Bausteine mit den entsprechenden Metadaten dient der **SemanticProxy**, dem man derartige Prozessbeschreibungen explizit mitteilen kann oder der sie sich im Netz aktiv sucht. Während der Erstellung einer neuen Prozessbeschreibung kann der Fachanwender den Prozess testweise zur Fehlersuche ausführen und sich Zwischenergebnisse der Abarbeitung betrachten oder auch die Laufzeit von Teilschritten

<sup>16</sup> <https://netbeans.org/>

<sup>17</sup> <https://maven.apache.org/>



überprüfen, um zu sehen, ob die Ausführung effizient genug geschieht. Um solche Funktions- und Performanztests durchzuführen, gibt es die Komponente **RichWPS-Monitor**. Ist die Prozessmodellierung abgeschlossen, kann man ihn veröffentlichen und damit anderen zur Nutzung zur Verfügung stellen (Deployment). Dazu wird eine Beschreibung des Prozesses als sog. **ROLA-Dokument** auf dem **RichWPS-Server** abgelegt und für Dritte aufrufbar gemacht. Gleichzeitig werden die Metadaten zum neuen Prozess dem SemanticProxy kommuniziert, so dass auch andere diesen Prozess finden und nutzen oder ggf. in wieder neuen, komplexeren Prozessen verwenden können. Will nun ein **Prozessanwender** die modellierte Funktionalität nutzen, also den Prozess aufrufen, wendet er sich über einen **WPS-Client** an den WPS-Server und startet die Ausführung des dort abgelegten Prozessmodells durch Übergabe der erforderlichen Eingabeparameter. Der RichWPS-Server (**Orchestrierungsengine**) interpretiert das im entsprechenden ROLA-Dokument abgelegte Skript, indem er Schritt für Schritt die eingebundenen Unterprozesse aufruft und die Übergabe der Parameter und Zwischenergebnisse unter den verschiedenen Teilschritten übernimmt. Die eingebundenen Webdienste können auf dem Server selber oder an einer beliebigen Stelle im Internet laufen, es können Prozessierungsdienste sein oder andere OGC Webdienste zur Datenlieferung. Nach erfolgreichem Abarbeiten der gesamten Prozesskette übergibt der RichWPS-Server dem Client das Prozessergebnis zur weiteren Verarbeitung bzw. Anzeige beim Anwender. Nicht in der Abbildung dargestellt ist die Problematik, dass bei der Nutzung fremder Webdienste die Komplikation auftreten kann, dass unterschiedliche WPS-Implementierungen sich zum Teil deutlich unterscheiden in der Art der unterstützten Datentypen für Input-Output-Parameter. Deshalb wurde im Projekt auch prototypisch eine leicht erweiterbare **Adapterschicht** realisiert, die „Dialekte“ der wichtigsten WPS-Toolsuiten ineinander übersetzt, so dass hier die syntaktische Interoperabilität erreicht werden kann. Ebenfalls in der Abbildung nicht gezeigt ist die Problematik, dass ein WPS-Client für eine optimale Darstellung der Prozessergebnisse auf der GUI weitere Instruktionen gebrauchen kann. Um diesen Gedanken fortzuführen, wurde im Projekt der bereits existierende Ansatz der **WPS-Präsentationsdirektiven** aufgegriffen und weiterentwickelt, mit dem der Server einem Client mitteilen kann, in welcher Form Daten auf der GUI präsentiert werden sollen. Eine letzte, in der Grafik nicht repräsentierte Problematik kann auftreten, wenn man mit einem mobilen Endgerät arbeitet, das nur wechselhafte Verbindungsqualität nutzen kann. Um hier auch bei schwierigen Bedingungen effektiv mit einer Client-Server Lösung arbeiten zu können, wurde ein prototypischer **Mobil-Client Lösung** entwickelt, der durch geschickte Kompressions- und Caching-Strategien unabhängiger von Netzininstabilitäten sein soll.

Nachfolgend werden die einzelnen Softwarekomponenten etwas ausführlicher erläutert.

### RichWPS-Commons

Die Commons-Bibliothek kapselt **wiederkehrende Funktionalität**. Darunter befinden sich wesentliche Teilbibliotheken wie der RichWPS Client und der ROLA- Parser und Generator. Der RichWPS Client erweitert den 52° North WPS Client um Request- und Response-Nachrichten für die Webservice-Operationen DeployProcess, UndeployProcess, TestProcess, ProfileProcess und

GetSupportedDataTypes. Für den Umgang mit der ROLA wurde mittels XText ein Framework realisiert, das ein ROLA-Dokument in sein Objektmodell überführen kann und wieder zurück.

Eingesetzt wird die Commons-Bibliothek bei der Kommunikation zwischen dem ModelBuilder und dem RichWPS-Server. Sie ist daher in beiden Komponenten zu finden. Im ModelBuilder dient sie außerdem zum direkten Auffindung von Prozessen ohne den SemanticProxy. Im SemanticProxy wird Commons eingesetzt, um im Rahmen eines Initialisierungsvorgangs Prozesse zu importieren.

## ModelBuilder

Der RichWPS ModelBuilder wurde in AP2 realisiert. Für die praxistaugliche Anwendung muss der ModelBuilder vor allem für Nicht-Informatiker den Entwurfsprozess und die Bereitstellung von der unterliegenden Technik abstrahieren. Damit ist **Einfachheit das wesentliche Qualitätsmerkmal** dieser Software.

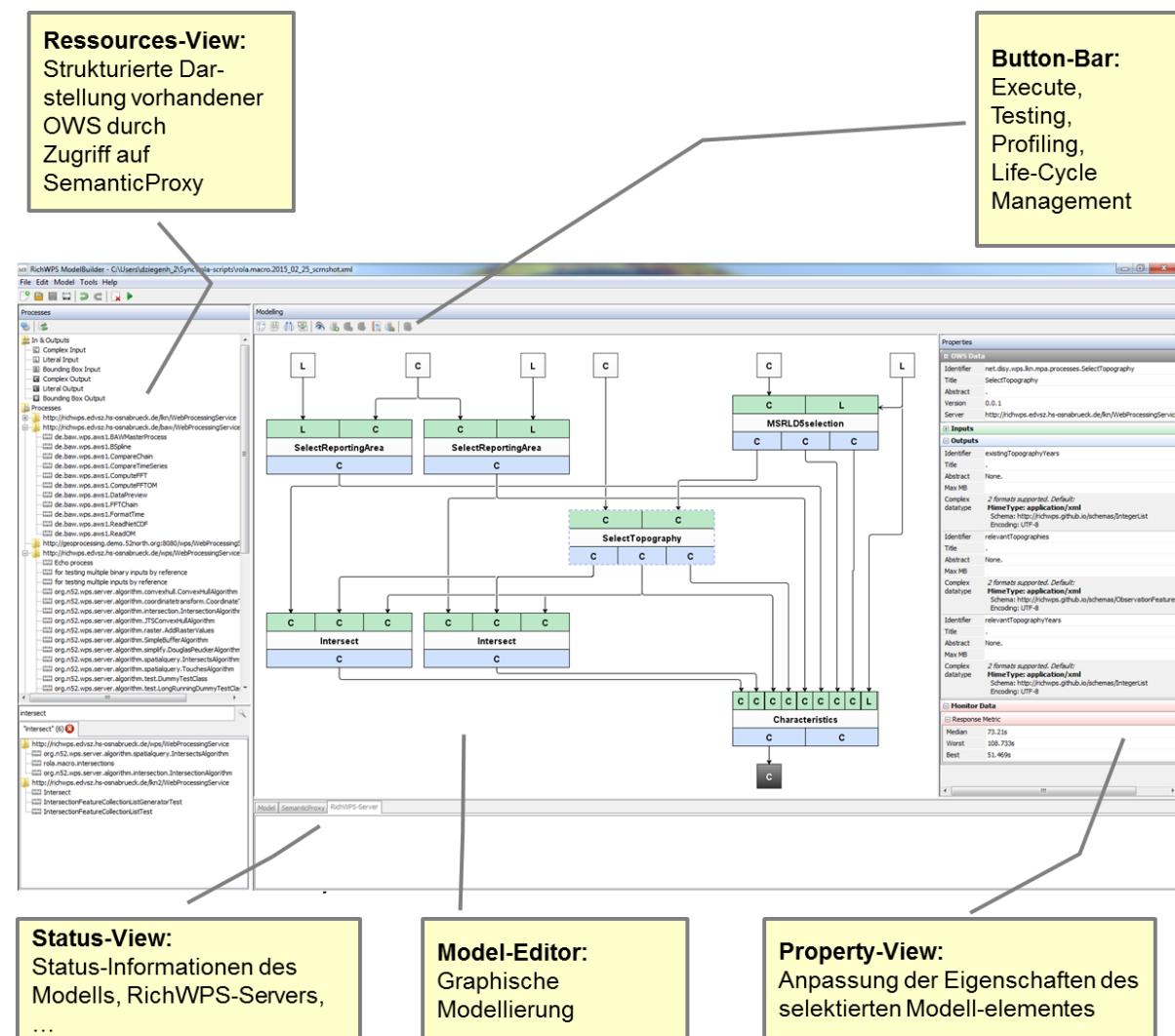


Abbildung 5: Screenshot des ModelBuilders

Der ModelBuilder verbindet einen Modell-Editor mit verschiedenen Peripheriekomponenten, die es Fachanwendern erlauben, der Modellierung vor- und nachgelagerte Aufgaben selbstständig zu bearbeiten. Die Aufgaben reichen vom Service-Discovery bis hin zur Veröffentlichung getesterter Arbeitsabläufe im SemanticProxy. Ein Arbeitsablauf wird als kombiniertes Daten- und Kontrollflussdiagramm im Modell-Editor beschrieben (CIM); dabei kommt die grafische ROLA zum Einsatz. Für die Übertragung und maschinelle Verarbeitung des Arbeitsablaufs wird diese in eine maschinenlesbare Form (PIM) übertragen. Dazu dient die textuelle Variante der ROLA. Die anschließende Übertragung wird mit dem RichWPS Client realisiert. Als neue Funktionen implementiert der ModelBuilder Funktions- und Geschwindigkeitstests für komponierte Arbeitsabläufe. Abbildung 5 zeigt eine Bildschirmaufnahme des ModelBuilders.

RichWPS-Server mit Prozessen

Der RichWPS-Server wurde in AP3 realisiert. Abbildung 6 illustriert wesentliche Elemente und die angebotenen Operationen des Servers. Der RichWPS-Server ist entstanden als **Erweiterung des Open Source WPS1.0.0 Servers von 52°North**. Daher stehen zunächst die WPS1.0.0 Standard-Schnittstellen für die Operationen GetCapabilities, DescribeProcess und Execute zur Verfügung. Dann wurden ältere Code-Teile von [Schaeffer, 2008] wieder lauffähig gemacht, welche die **transaktionalen WPS-Funktionalitäten** realisieren (WPS-T), also die Möglichkeiten zum Veröffentlichen und Zurückziehen eines WPS-Prozesses im Lifecycle-Management. Die entsprechenden Operationen DeployProcess und UndeployProcess sind schon spezifische RichWPS-Operationen, weil zur Beschreibung eines Arbeitsablaufs ein ROLA-Skript übertragen wird. Zentrales Element des Servers ist natürlich die **Orchestrierungsengine**, die ROLA-Skripte interpretiert, dabei lokale und verteilte OGC Webdienste aufruft die Übergabe und Weiterleitung der I/O-Parameter und der Zwischenergebnisse übernimmt.

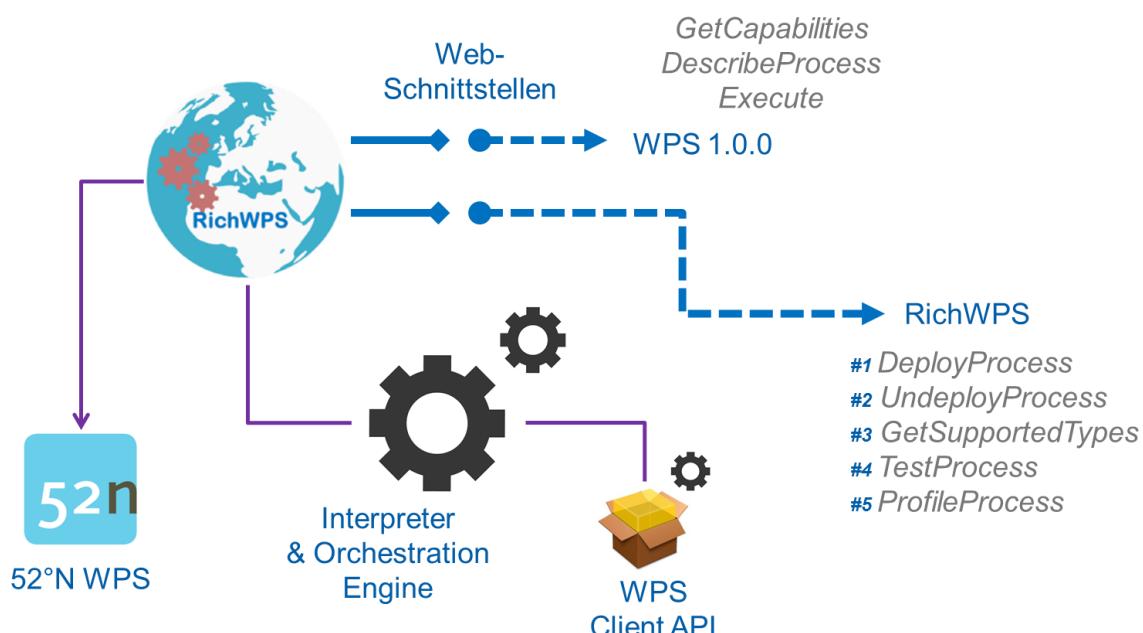


Abbildung 6: Schnittstellen und Bausteine des RichWPS-Servers



Damit RichWPS-Clients und der RichWPS-ModelBuilder mit dem Server programmatisch interagieren können, wird eine **WPS-Client API** angeboten.

Außerdem hat sich schon bei den ersten Anforderungserhebungen und Kontextanalysen herausgestellt, dass alle praktischen Anwendungsszenarien von einer **extrem großen Zahl von Datentypen** geprägt sind. Dies betrifft nicht nur die ohnehin schon enorme Zahl quasi standardisierter, gängiger **Geodatentypen** (z.B. GML 2.0.0/2.1.2/3.0.1/3.1.1/3.2.1/..., GeoJSON, WKT/WKB, Shape, ... nur für Vektordaten), sondern auch **fachspezifische Typen**, die in gewissen Anwendungsgebieten verbreitet sind (z.B. NetCDF<sup>18</sup> in Szenarien wie denen der BAW, wo man häufig mit Simulationsmodellen umgehen muss) oder gar aufgabenspezifisch entsteht (wie spezielle Darstellungen der Zwischenergebnisse bei den Bewertungsverfahren beim LKN). Generell muss ja beim WPS-Protokoll der Server die Eingabedaten dekodieren, intern adäquat weiterverarbeiten und dann die Ausgabedaten wieder encodieren. Sowohl die Orchestrationsengine als auch die Client-API muss adäquat alle auftretenden Datentypen behandeln. Daher gibt es beim Server die Zusatzoperation GetSupportedTypes, mit der der RichWPS-Server zumindest Auskunft erteilen kann, welche Datentypen verarbeitbar sind.

Der RichWPS-Server kann außerdem Prozessergebnisse mithilfe der **WPS-Präsentationsdirektiven** (WPS-PD) so weitergeben, dass dem Client darstellungsspezifische Vorgaben gemacht werden können – sofern diese ebenfalls WPS-PD „versteht“.

Schließlich deuten die beiden Operationen TestProcess und ProfileProcess an, dass der ModelBuilder und der RichWPS-Monitor zum **Testen und Ausmessen von Prozessmodellen** auf Dienste des Servers zugreifen. Der RichWPS-Server ermöglicht somit zu Testzwecken ein kurzzeitiges Deployment eines in Arbeit befindlichen Prozessmodells und die testweise Prozessausführung. Von dieser Prozessausführung können beliebige Zwischenergebnisse sowie die Laufzeiten aller Prozessschritte abgefragt werden. Nach dem Testen wird der Prozess wieder vom Server gelöscht (Undeployment).

### BAW Web-Client

Der BAW Web-Client ist eine in AP4 von der BAW entwickelte webbasierte grafische Oberfläche eines **WPS Clients**, der **spezifisch für die** im Projekt untersuchten **BAW-Anwendungsszenarien** (siehe Unterkapitel 2.1.4.1) implementiert wurde. Konkret stellt er einen dynamischen Web-Client für die Auswahl der Eingangsdaten und Parameter sowie die Steuerung der beiden implementierten Prozessketten dar. Der BAW WPS-Client ist eine JavaScript Single-Page-Applikation, mit der Eingangsdaten für die Prozesskette ausgewählt, der Prozess gestartet und die Ergebnisse als Plot visualisiert werden können. Zusätzlich lassen sich die Ergebnisdaten im O&M Format sowie die Zeitreihe als Bild herunterladen. Informationen zu verfügbaren Mess- und Modelldaten werden über die CSW-Schnittstelle des BAW-NOKIS-Metadatenkatalogs abgerufen und in einer Liste sowie in einer Kartenansicht angezeigt. Hierüber können diese dann ausgewählt werden. Im Cosyna Sub-Szenario, wird der Cosyna-NOKIS-Metadatenkatalog angebunden. Für das zweite Anwendungsszenario werden Prozesssteuerung und Präsentation von Profilschnitten angeboten (vgl. Unterkapitel 2.1.4.1).

<sup>18</sup> NetCDF ist seit 2012 auch ein Standard des OGC: <http://www.opengeospatial.org/standards/netcdf>



**WPS-Client**

- Process management
- Results
- Process description

Available Stations

- Wittduen
- Wilhelmshaven
- Wangerooge-Nord
- Scharhoern
- Norderney
- List
- LTAleWeser
- Husum
- Hoernum-Hafen
- Helgoland

Available model data sets

- RichWPS: Modelldaten AufMod

**Station: Helgoland, Modell: RichWPS: Modelldaten AufMod**

Station Coordinates (EPSG:4326):  
Lon / Lat: 7.8900060000 / 54.1789970000

Metadata:  
Model data set  
Measured data set

Choose time span:

Choose parameter:  
Mesh2\_Wasserstand\_2d

Abbildung 7: BAW Web-Client zur Eingabe von Prozess-Inputs

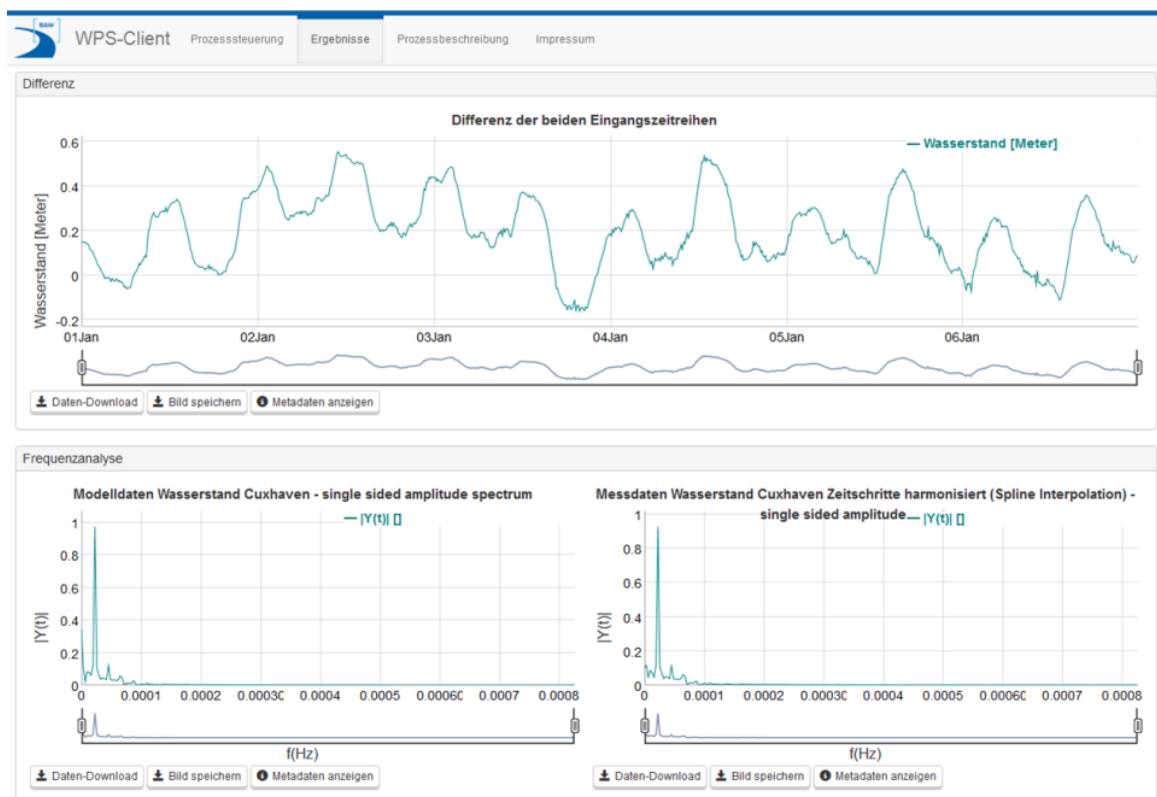


Abbildung 8: BAW Web-Client - Darstellung von Prozessergebnissen (Vergleich Modelldaten/Messdaten)



## SemanticProxy

Der SemanticProxy ist zusammen mit dem ModelBuilder in AP2 entstanden. Er dient dazu, für den ModelBuilder Daten zu sammeln und zu verwalten, die dieser für die Modellierung verwenden kann. Intern realisiert der SemanticProxy eine **flexible Metadatenverwaltung für WPS-Prozesse** mithilfe des Resource Description Framework (RDF) aus dem Bereich des Semantic Web. Die RDF-Datenhaltung ist mithilfe von Sesame<sup>19</sup> implementiert. Der SemanticProxy erlaubt Browse-Zugriff, Suchfunktionen und Datenmanipulation via REST.

## SemanticProxyClient

Der SemanticProxyClient ermöglicht es Konsumenten **auf den SemanticProxy zuzugreifen**. Der ModelBuilder verwendet diesen Client, um **WPS- und WPS-Prozessinformationen abzufragen und zu suchen**. Außerdem können mit dem Client Prozessbeschreibung modellierter Arbeitsabläufe auf dem SemanticProxy **veröffentlicht** werden.

Der Client und der SemanticProxy ermöglichen das Lesen im *Lazy Loading* Stil; dabei werden immer nur die Daten abgefragt, die auch benötigt werden. Dadurch wird Zeit gespart und die Netzwerkbelastung minimiert. Einmal abgerufene Daten werden in einem *Least Recently Used* (LRU) Cache vorgehalten.

Der Client ist hierarchisch aufgebaut: ein OWS-Client kapselt einen RDF Client, welcher einen http-Client kapselt. Ein Entwickler kann mit dem Datenbestand des SemanticProxy also sowohl aus RDF-Perspektive (RDF-Statements) arbeiten, als auch aus OWS-Perspektive (Java-Objekte).

## WPS Monitor

Der Monitor dient der **Erhebung von Laufzeitinformationen zu WPS-Prozessen**. Hierfür stellt er in vordefinierbaren Intervallen Testanfragen an WPS-Prozesse. Dabei misst er bei jedem Vorgang die Dauer der Bearbeitung und ermittelt den Median sowie die beiden absoluten Extremwerte. Die Messwerte und die berechneten Metriken bietet der Monitor über eine Webschnittstelle anderen Systemen wie dem ModelBuilder an. Die Bedienung erfolgt wahlweise über eine grafische Benutzerschnittstelle oder über die Textschnittstelle.

## MonitorClient

Dies ist ein einfacher Client, der entwickelt wurde, um dem ModelBuilder Zugriff auf den Monitor zu erlauben.

<sup>19</sup> <http://rdf4j.org/>



## Weitere Client- und Server seitige Entwicklungen

Die bisher vorgestellten Komponenten stellen soweit ein abgeschlossenes RichWPS-Softwaresystem dar, mit dem beispielsweise die Anwendungsszenarien aus AP4 bei BAW und LKN vollständig umgesetzt werden können. Alle entsprechenden Implementierungen sind auf GITHUB veröffentlicht.

In diesem Abschnitt erläutern wir einige weitere Ergebnisse von AP3, die nicht (alle) im Open Source bzw. auf der RichWPS GITHUB-Seite veröffentlicht wurden – jeweils aus verschiedenen Gründen: weil sie noch sehr experimentellen Charakter haben; weil sie sich innerhalb vom oder nah am proprietären Code der DISY-Produkte bewegen; weil wir das allgemeine Interesse nicht vermuten u.a.m.

Da diese Ergebnisse u.E. trotzdem von Interesse für die WPS-Community sind, wollen wir sie an dieser Stelle kurz erwähnen. Im Einzelnen skizzieren wir:

- Die **Adapterschicht** für verschiedene WPS I/O-Datentypen.
- RichWPS **Web-Client für mobile Endgeräte**.
- Die Erweiterung des DISY Web-Clients zum Umgang mit **WPS-Präsentationsdirektiven**.

Darüber hinaus wurde zur *Datenbereitstellung* in OWS-Prozesslandschaften prototypisch ein **WFS-Server** als Erweiterung der Cadenza Geo Data Warehouse Middleware realisiert, der es erlaubt, die Ergebnisse von Cadenza-Auswertungen über angeschlossenen Geodatenbanken direkt als WFS Layer zu publizieren, so dass der WFS-Server als Datenlieferant für einen WPS dienen kann. Umgekehrt wurde zur *Datendarstellung* eine Softwarefunktionalität als Erweiterung des Cadenza Web-Clients für RichWPS zum **Einbinden eines WFS-Layers im Web-Client** entworfen und prototypisch umgesetzt.

## Adapterschicht für verschiedene WPS I/O-Datentypen

Die RichWPS-Daten-Adapterschicht soll auf der Seite des Clients helfen, mit der bereits angesprochenen Datenvielfalt umzugehen, die sich aus den konkreten Schnittstellen verschiedener WPS-Toolsuiten ergeben. Konkret realisieren die **verschiedenen WPS-Implementierungen** durch ihre **unterschiedlichen unterstützten I/O-Datentypen** und deren Enkodierungen faktisch unterschiedliche „WPS-Dialekte“, die dazu führen, dass eine echte Interoperabilität von WPS-Prozessen, die mit verschiedenen Werkzeugen realisiert wurden, nicht gegeben ist. Deshalb wurde experimentell eine konfigurierbare und erweiterbare Software gebaut, die zwischen den Datenformaten des RichWPS-Servers, des GeoServers und der ArcGIS Geoprocessing REST Schnittstelle paarweise Kommunikationsinteroperabilität durch Transformation der Datenformate und Anpassung der Nachrichtenformate herstellt. So kann man client-seitig transparent zwischen WPS-Diensten dieser unterschiedlichen Anbieter wechseln. Die Adapterschicht ist so konzipiert, dass weitere Datentypen bzw. WPS-Implementierungen verhältnismäßig einfach hinzugefügt werden können.

Die Grundidee ist in Abbildung 9 illustriert: Die Adapterschicht vermittelt Nachrichten- und Datenformate sowohl zwischen WPS-Client und verschiedenen WPS-Implementierungen im Back-End als auch zwischen der Orchestratingsengine im RichWPS-Server und ggf. in unterschiedlichen WPS-



Dialekten anzusprechenden Prozessschritten eines vertilit ausgeführten Prozesses. Exemplarisch wurden die *ArcGIS REST-Schnittstelle* zu den Geoprocessing Services des ArcGIS Servers und der *GeoServer* angebunden; ersteres wegen der Mächtigkeit und extremen Verbreitung dieses kommerziellen Systems und letzteres, weil der GeoServer eine sehr weit verbreitete Open Source Lösung darstellt. Außerdem wurde prototypisch der *Cadenza WPS-Server* angebunden. Selbstverständlich wird außerdem die Schnittstelle des RichWPS-Servers unterstützt, was in dieser Hinsicht identisch ist mit der *WPS1.0.0 Schnittstelle des 52°North Servers*.

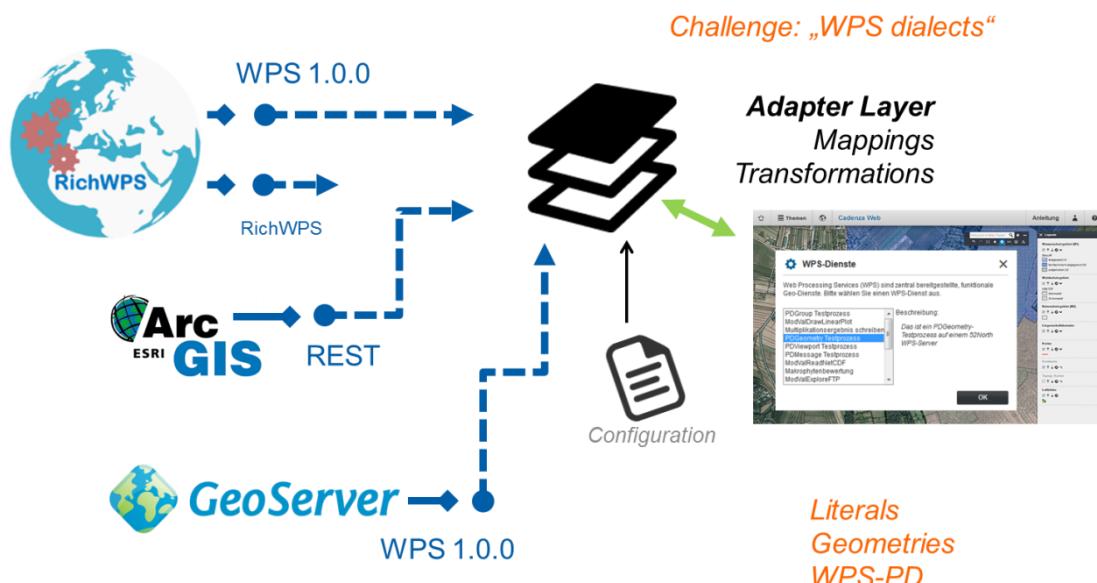


Abbildung 9: Illustration zur Client-seitigen Adapterschicht

### RichWPS Web-Client für mobile Endgeräte

Diese Entwicklung geht davon aus, dass viele Geschäftsprozesse, die mit Geodaten zu tun haben, auch und gerade in der öffentlichen Verwaltung, Aufgaben enthalten können, die mit **Vor-Ort-Terminen** verbunden sein können. Bei Anwendungsfällen in Land- und Forstwirtschaft, Natur- und Umweltschutz, Hochwasser- und Katastrophenschutz, Raum- und Umweltplanung, Flurneuordnung, Planung erneuerbarer Energieanlagen, Verkehrsplanung, Altlastenmanagement, Umweltverträglichkeitsprüfungen, Küstenschutz usw. sind Ortstermine ein natürlicher Bestandteil. Bei solchen Ortsterminen kann es sehr nützlich sein, von unterwegs **mit einem mobilen Endgerät (Tablet)** auf **Geodaten oder Geodatenverarbeitungsprozesse in der Zentrale zuzugreifen**. Allerdings kann die mobile Geodatennutzung über ein mobiles Netzwerk (GSM, WLAN), gerade in entlegenen Gebieten häufig mit Problemen verbunden sein: Verbindungsabbrüchen, geringen Bandbreiten, höheren Paketumlaufzeiten, höheren Kosten, usw. – zumal bei der Geodatenverarbeitung häufig großer Datenmengen übertragen werden. Insgesamt sieht man sich bei der Outdoor-Arbeit hinsichtlich des Netzwerks **häufig schwankenden und schwer vorhersehbaren Ausprägungen der relevanten Qualitätsparameter** gegenüber.

Unter diesen Voraussetzungen war es ein Ziel, Methoden und Techniken zu untersuchen, wie sich ein **mobil WPS-Client intelligent an die wechselnde Situation anpassen** kann. Hierfür wurden zunächst mögliche Adoptionsmechanismen gesammelt und strukturiert, also Maßnahmen der *Strukturadaption* (wie die Replikation von Komponenten o.ä.) oder der *Parameteradaption*, die sich wiederum auf die *Anwendungsdaten* (Methoden zur Filterung u.ä.) oder auf die *Kommunikation* (Methoden wie Pre-Fetching, Caching, Queueing, etc.) beziehen kann.



Abbildung 10: Illustration zum mobilen RichWPS-Client

Es wurde eine Architektur entworfen, die plattformunabhängig, konfigurierbar und erweiterbar die Kommunikation zwischen einem mobilen WPS-Client und einem WPS-Server optimiert. Abbildung 10 illustriert den Grundansatz (links; rechts ist der mobile WPS-Client am Beispiel des LKN-Szenarios gezeigt): Die Architektur basiert auf der Idee eines Agentenpaares, das die optimierte Kommunikation durchführt. Ein server-seitiger Agent und ein client-seitiger Agent organisieren die verschiedenen Optimierungs- und Anpassungsmaßnahmen für die jeweils dahinterliegenden Systeme. Ein „Kontextagent“ versucht außerdem, die jeweils situationsabhängig am besten geeignete Anpassungsstrategie auszuwählen. Der Ansatz wurde möglichst generisch implementiert und dann exemplarisch am Beispiel instantiiert. Das Beispiel nutzte den RichWPS-Server und das LKN-Anwendungsszenario sowie einen einfachen mobilen WPS-Client. Verwendete Optimierungsmethoden waren insbeson-



dere die Datenkomprimierung und das *Vector Tiling* für die kachelbasierte Übertragung von vektorbasierten Geodaten.<sup>20</sup>

## WPS-Präsentationsdirektiven für RichWPS

Die WPS 1.0.0 Spezifikation beschreibt das Auffinden und Ausführen von Prozessen, nicht jedoch konkrete **Ergebnis-Datentypen** oder **deren clientseitige Interpretation und Darstellung**. Dieser generische Charakter der WPS-Spezifikation macht es für WPS-Clients unmöglich, auf alle Arten von WPS-Ausgabeparametern vorbereitet zu sein. An dieser Stelle setzt das WPS-PD Schema an [Hofmann et al., 2010]. WPS-PD liefert einen Beitrag zur *Konkretisierung von bestimmten Ausgabetypen*, ohne die mögliche Vielfalt der Datentypen zu beeinträchtigen. Die im PD-Schema beschriebenen Elemente sind komplexe Ausgabeparameter, die von einem WPS-Client speziell interpretiert werden können, damit sie für den Endanwender – zusammen mit einer client-seitigen Karten-Anwendung – einen Mehrwert aus WPS-Prozessen darstellen. Der Anwender erhält nicht nur ein bestimmtes Prozessergebnis, sondern auch eine *angemessene Präsentation* desselben auch eine entsprechende Aktion. Das PD-Schema beschreibt Ausgabe-Elemente für WPS-Prozesse sowie Richtlinien für die Präsentation und Handhabung dieser Elemente in einem WPS-Client. Die PD-Elemente repräsentieren sowohl eigenständig als auch in einer Gruppe bzw. in definierten Kombinationen von mehreren einzelnen Elementen sinnvolle Konkretisierungen von Prozessergebnissen. Das WPS-PD Schema ist in Form einer XML Schema Definition (XSD) beschrieben. Es basiert auf den Schema-Beschreibungen von XLink<sup>21</sup>, OGC OWS 1.1.0<sup>22</sup> und OGC GML 3.1.1<sup>23</sup> und ist in seiner aktuellen Version unter <http://schemas.disy.net/wps-pd/1.0.0/wps-pd.xsd> verfügbar. Aktuell beschreibt das Schema die folgenden Elemente, wobei mit WPS-Client ein Client gemeint ist, der das WPS-PD Schema unterstützt und interpretieren kann:

### pd:Link

Ein pd:Link ist ein Element, welches eine URL zu einer Web-Ressource beinhaltet. Außerdem kann optional festgelegt werden, in welcher Form die enthaltene URL geöffnet werden soll (z.B. in einem bestehenden oder einem neuen Browser-Fenster). Ebenso optional ist die Angabe eines MimeTypes der Web-Ressource. Erhält ein WPS-Client ein in das WPS-Response-Dokument eingebettetes Link-Element, öffnet er die Webressource und zeigt sie auf die entsprechende Art in einem Browserfenster an.

### pd:Message

Eine pd:Message ist ein Element zum Übermitteln und Anzeigen von Nachrichten im WPS-Client. Diese Nachrichten werden üblicherweise in einem Popup-Fenster dargestellt. Optional kann die Art der pd:Message festgelegt werden, was zum Beispiel Auswirkungen auf die Darstellung der pd:Message am Client hat. Die Art der pd:Message kann zum Beispiel eine Info oder eine Warnung sein. Eine pd:Message, die einen pd:Link enthält, ermöglicht es z. B., dass eine Nachricht aus einem referenzierten Bild oder einer ganzen HTML-Seite besteht.

### pd:Viewport

<sup>20</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Vector\\_tiles](https://en.wikipedia.org/wiki/Vector_tiles)

<sup>21</sup> <http://www.edition-w3.de/TR/2001/REC-xlink-20010627>

<sup>22</sup> <http://schemas.opengis.net/ows/1.1.0>

<sup>23</sup> <http://schemas.opengis.net/gml/3.1.1/base>



Ein pd:Viewport ist ein Element, welches eine Bounding Box enthält, die durch zwei Koordinaten repräsentiert wird. Diese Bounding Box wird konkret anhand eines gml:Envelope-Elements realisiert. Innerhalb dieses Elements sind die beiden Koordinaten und das zugehörige Koordinatenreferenzsystem angegeben. Ein Client zentriert das aktuelle Kartenfenster auf den im pd:Viewport angegebenen gml:Envelope.

#### **pd:Marker**

Ein pd:Marker ist ein Element, welches eine Markierung auf einer Karte repräsentiert. Es enthält immer das Element pd:Position, in dem die Koordinatenwerte und das Koordinatenreferenzsystem für den Marker angegeben sind. Optional enthält ein pd:Marker ein pd:Message-Element, welches der Markierung eine Nachricht verleiht. Erhält ein Client ein pd:Marker-Element aus einem WPS-Prozess, erzeugt er eine neue punktförmige Markierung auf der Karte und versieht diese gegebenenfalls bei der Selektion mit einer Nachricht in Form eines kleinen Popup-Fensters.

#### **pd:Geometry**

Eine pd:Geometry repräsentiert ein einfaches Geometrie-Element. Eine einfache Geometrie kann entweder ein gml:Point, ein gml:LineString oder ein gml:Polygon sein. Der Aufbau dieser Geometrie-Elemente wird im GML-Schema definiert. Ein Client, der ein pd:Geometry-Element aus einem WPS-Prozess erhält, erzeugt die enthaltene Vektorgeometrie und stellt sie auf einem Layer seiner Karte dar.

#### **pd:Group**

Ein pd:Group-Element stellt die Kombination bzw. Ansammlung von beliebigen anderen PD-Elementen dar. Zum Beispiel kann eine pd:Group ein pd:Link, ein pd:Viewport und ein pd:Marker Element gleichzeitig enthalten. Vor allem aus Kombinationen mit einem pd:Viewport-Element kann ein großer praktischer Nutzen in der Kartenanwendung des Clients gezogen werden: Ein Ergebnis vom Typ pd:Geometry wird nicht nur dargestellt, sondern anhand des pd:Viewports auch gleich im Kartenfenster zentriert.

#### **pd:StyledFeatureCollection**

Eine pd:StyledFeatureCollection ist ein Element zur Darstellung von GML-FeatureCollections anhand einer integrierten Stilbeschreibung. Ein pd:StyledFeatureCollection-Element muss zwingend eine FeatureType-Beschreibung in Form eines XSD-Dokuments enthalten. Passend zur FeatureType-Beschreibung enthält ein pd:StyledFeatureCollection-Element ein pd:Features-Element, welches für die darin enthaltene gml:FeatureCollection das Koordinatenreferenzsystem angibt. Optional enthält die pd:StyledFeatureCollection ein se:FeatureTypeStyle, welches Regeln zur visuellen Darstellung von Features enthält. Ebenso optional ist die Angabe eines pd:Hints-Elements, welches zusätzliche Informationen zur Visualisierung der pd:StyledFeatureCollection enthält. Beispielsweise können verkürzte Attributbezeichnungen durch lesbare Ausdrücke ersetzt werden. Ein Client, der ein pd:StyledFeatureCollection-Element aus einem WPS-Prozess erhält, erzeugt die darin enthaltene FeatureCollection auf einem Layer seiner Kartendarstellung und visualisiert diese anhand der enthaltenen Stilvorschriften.

Der **RichWPS-Server** kann aus WPS-Prozessen beliebige WPS-PD Elemente erzeugen. Hierzu wurden WPS-PD-spezifische IData-Elemente zur Integration in die 52°North WPS Dateninfrastruktur realisiert und WPS-PD spezifische Generatoren implementiert. Der als RichWPS-Client genutzte Cadenza Web Client interpretiert die mit Präsentationsanweisungen angereicherten Ausgabeparameter entsprechend. Abbildung 11 zeigt das Prozessergebnis eines Beispielprozesses, der einen pd:Marker erzeugt. Obwohl die Direktiven einfach sind und sich dadurch ohne großen Aufwand implementieren



lassen, können aufgrund der Kombinationsmöglichkeiten mächtige Präsentationsszenarien damit umgesetzt werden.

Die entsprechenden Entwicklungen in RichWPS wurden unter der GPL v2 Lizenz auf Github veröffentlicht.<sup>24</sup>

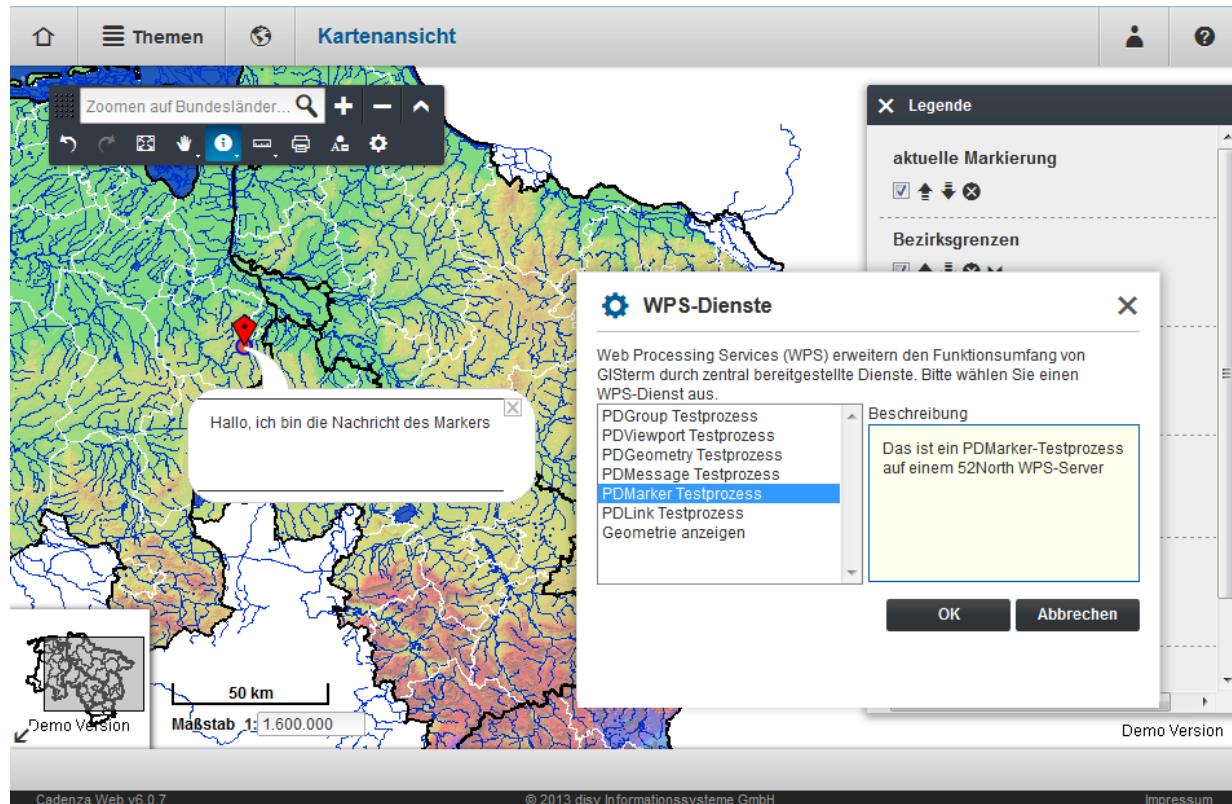


Abbildung 11: Cadenza Web als RichWPS-Client zeigt das Ergebnis eines WPS-PD Testprozesses auf dem 52°North RichWPS-Server an

## 2.1.4 Projektergebnisse: Empirische Arbeiten, Pilotanwendungen und Demonstratoren

### 2.1.4.1 Pilotanwendung bei der BAW

Die BAW hat Workflows für **zwei Testanwendungen** realisiert:

- für den Vergleich von Modell- und Messdaten am Beispiel von Wasserständen, und
- für den Vergleich von Querprofilen.

<sup>24</sup> <https://github.com/romanwoessner/wps-pd-52n>



Zu diesem Zweck wurden Beispieldatensätze von modellierten (d.h. Ergebnisse numerischer Simulationsmodelle) sowie von gemessenen Daten im NetCDF-Format<sup>25</sup> bereitgestellt. In Web Processing Service (WPS) Prozessketten werden diese Daten eingelesen, harmonisiert und ausgewertet. Ein dynamischer Web-Client bietet die Möglichkeit der Datenauswahl und der Ergebnispräsentation in Form von interaktiven Plots. Die BAW Anwendungsszenarien wurden bewusst so gewählt, dass die technischen Möglichkeiten einer auf Open Geospatial Consortium (OGC) Webdiensten basierenden Infrastruktur zur Auswertung verschiedener Datensätzen zur Laufzeit demonstriert werden können, ohne speziell dafür komplexe Algorithmen neu entwickeln zu müssen. Eine detaillierte Beschreibung der Eingangs-, Ergebnis- und Metadaten, der einzelnen Auswerteprozesse sowie der Funktionalität des Web-Clients ist in den folgenden Abschnitten zu finden.

### Anwendungsszenario 1: Vergleich von Modell- und Messdatenzeitreihen für Wasserstände

Das erste Anwendungsszenario betrachtet den **eindimensionalen Vergleich von Zeitreihen am Beispiel von Wasserständen**. Für den Vergleich wird eine einfache Differenz aus der gemessenen und der modellierten Zeitreihe gebildet. Zusätzlich wird für eine Analyse der Ergebnisse eine Frequenzanalyse mittels Fast Fourier Transformation (FFT) durchgeführt. Um überhaupt den Vergleich und die Analyse durchführen zu können, müssen die Zeitreihen harmonisiert werden. Das bedeutet, dass mittels Interpolation Werte zu gleichen Zeitpunkten und mit äquidistanten Zeitabständen berechnet werden müssen. Zum Testen der implementierten Prozesskette stehen Daten von Messungen und aus Modellrechnungen der BAW zur Verfügung:

- **Messdaten:** Liegen als NetCDF-Dateien für 29 Messstationen in der deutschen Bucht mit Wasserstandszeitreihen aus dem Jahr 2006 vor. Metadatenelemente sind nicht vorhanden und wurden beispielhaft von Hand ergänzt (Titel, Bounding-Box, Parametername, Einheit). Es liegt eine durchgehende Zeitreihe mit einem Messtakt von 10 Minuten vor.
- **Modelldaten:** Für Testzwecke wurden die Ergebnisse einer Modellierung, die im Rahmen des AufMOD-Projektes durchgeführt wurde, auf den Parameter Wasserstand zugeschnitten und als NetCDF-Datei zur Verfügung gestellt. Metadaten sind in NetCDF Metadata Language (NCML) modelliert und nach CF standardisiert vorhanden. Es wird der gesamte Nordseebereich abgedeckt. Die modellierten Zeitschritte haben einen äquidistanten Abstand von 20 Minuten.

In einer Variante der Implementierung werden statt der NetCDF-Messdaten Daten direkt aus dem COSYNA-Server<sup>26</sup> eingebunden, der vom Helmholtz-Zentrum Geesthacht betrieben wird. Dadurch ergibt sich ein physikalisch verteiltes Anwendungsszenario. Diese Daten werden über einen SOS 1.0

<sup>25</sup> <http://www.unidata.ucar.edu/software/netcdf/>

<sup>26</sup> [http://www.hzg.de/institutes\\_platforms/cosyna/index.php.de](http://www.hzg.de/institutes_platforms/cosyna/index.php.de)



Dienst bereitgestellt<sup>27</sup>. Da im SOS 1.0 auch O&M 1.0 verwendet wird, muss zunächst in einem ersten Prozessschritt die Struktur in O&M 2.0 gewandelt werden<sup>28</sup>. Insgesamt

**Datenbereitstellung:** Die als NetCDF-Dateien vorliegenden Messdaten werden direkt in einem Prozess eingelesen. Die Datenfilterung ist also Teil der Prozesskette. Die Modelldaten, die ebenfalls in einer NetCDF-Datei vorliegen, werden mit Hilfe eines *Sensor Observation Service (SOS)* bereitgestellt. Dieser wird in einem Prozess abgefragt. Die gefilterten Daten werden als *Observation & Measurements (O&M) XML* übertragen.

**Produktdatensätze:** Die Ergebnisdaten sind als XML in O&M modelliert. Sie enthalten neben der Ergebniszeitreihe grundlegende Metadaten, Verweise auf die Eingangsdaten sowie einen Link auf die Prozessbeschreibung.

**Beschreibung der Prozesskette:** Zum Starten der Prozesskette muss der Haupt-Prozess „BAWMaster-Process“ mit einem executeProcess-Request aufgerufen werden. Dabei werden alle benötigten Input-Parameter (Anfangs-/Endzeit, Links auf Mess- und Modelldatensatz) übergeben. Innerhalb dieses Hauptprozesses werden die eigentlichen Teilprozesse der Prozesskette nacheinander gestartet. Bei einer Modellierung der Prozesskette mit dem RichWPS-ModelBuilder entfällt dieser Haupt-Prozess.

Als erster Schritt der Prozesskette wird die NetCDF-Datei mit den Messdaten eingelesen (Read-NetCDF) und derjenige Teil der Zeitreihe extrahiert, welcher über den Start- und Endzeitpunkt definiert wurde. Die extrahierte Zeitreihe wird in einer O&M XML-Struktur zurückgegeben. Die modellierte Zeitreihe wird über einen SOS abgerufen, der das Einlesen der NetCDF-Datei übernimmt und die Daten in O&M XML-Struktur zur Verfügung stellt. Als nächstes folgt die Harmonisierung der Datensätze (BSpline). Hier wird die Messzeitreihe auf die Modellzeitreihe abgebildet. Dazu wird eine Spline-interpolation durchgeführt und die Werte zu den Zeitpunkten der Modellzeitreihe ermittelt. Das Ergebnis ist eine Zeitreihe der gemessenen Wasserstände, die an die Modellzeitreihe angepasst wurde. Nun können die modellierte und die angepasste Messzeitreihe verglichen werden. Dies geschieht mittels einfacher Differenzbetrachtung beider Zeitreihen (CompareTimeSeries). Das Ergebnis ist wiederum eine O&M-XML-Struktur mit der Differenzzeitreihe. Zuletzt wird für die modellierte und die angepasste Messzeitreihe jeweils das Frequenzspektrum mittels FFT berechnet (ComputeFFT). Nach dem Durchlaufen dieser Prozesse gibt der Haupt-Prozess die Differenzzeitreihe sowie beide Frequenzspektren als Output-Parameter im Response zurück.

Der komponierte WPS-Prozess ist in Abbildung 12 illustriert.

---

<sup>27</sup> <http://www.opengeospatial.org/standards/sos>

<sup>28</sup> <http://www.opengeospatial.org/standards/om>

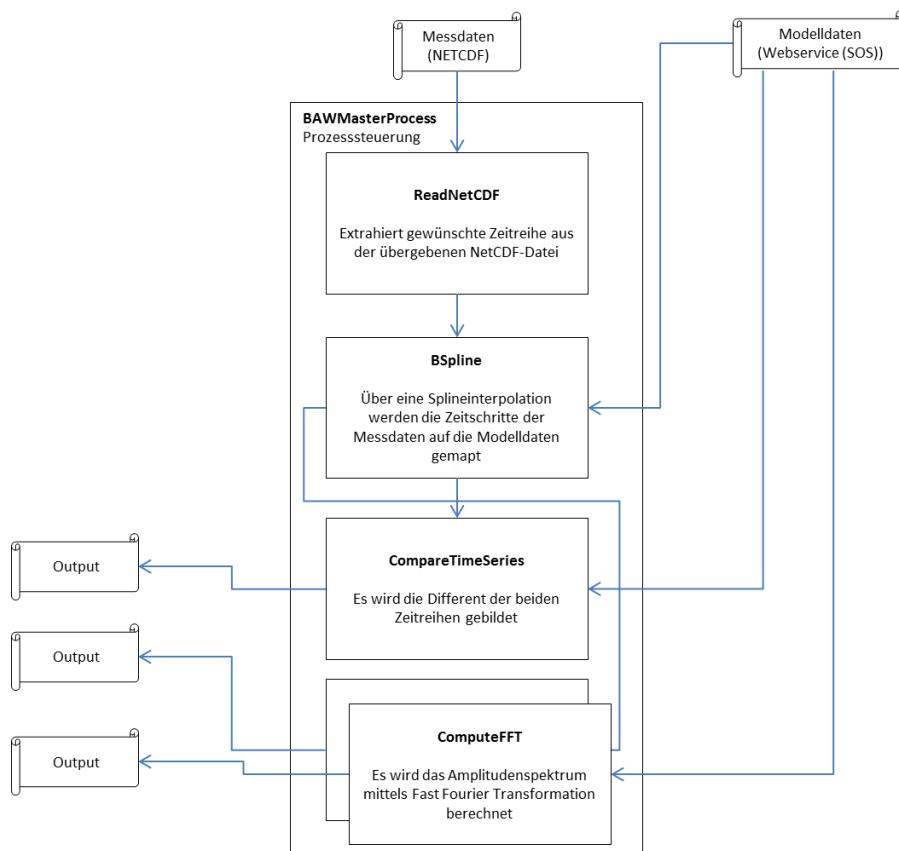


Abbildung 12: Prozesskette für BAW Anwendungsszenario 1

Die einzelnen Prozessschritte im Überblick:

<b>Prozesssteuerung (BAWMasterProcess):</b> Steuerung der Prozesskette, Aufruf der Unterprozesse.
<b>Daten einlesen (ReadNetCDF):</b> Der Prozess erwartet als Eingabeparameter den Link auf eine NetCDF-Datei, den Namen des Parameters und die Zeitspanne. Diese Daten werden extrahiert und in einer O&M-XML Struktur zurückgegeben.
<b>Daten harmonisieren (BSpline):</b> Um Modell- und Messdaten vergleichen zu können, deren Werte zu unterschiedlichen Zeiten ermittelt wurden, müssen diese Zeitschritte harmonisiert werden. Dafür wird mittels einer Spline-Interpolation die Messdatenreihe an die Zeitschritte der Modelldatenreihe angepasst.
<b>Differenz berechnen (CompareTimeSeries):</b> Einfache Differenz der zuvor harmonisierten Zeitreihen.
<b>Frequenzspektrum berechnen (ComputeFFT):</b> Berechnet aus der Eingegebenen Zeitreihe deren Frequenzspektrum.
<b>COSYNA Sub-Szenario:</b>
<b>Prozesssteuerung (BAWCosynaMasterProcess):</b> Steuerung der Prozesskette, Aufruf der Unterprozesse.
<b>SOS 1.0 Daten einlesen (ReadOMv1):</b> Der Prozess erwartet als Eingabeparameter den Request auf einen SOS getObservation-Request. Die Daten werden abgerufen und in O&M 2.0 konvertiert. Ersetzt ReadNetCDF.



## Anwendungsszenario 2: Vergleich von Querprofilen

Das zweite Anwendungsszenario betrachtet den **zweidimensionalen Vergleich** von Profilen, am Beispiel **von Querprofilen der Elbe mit Daten zur Strömungsgeschwindigkeit**. Der Vergleich wird in Form einer einfachen Differenz beider Profile durchgeführt. Damit dies möglich ist, müssen beide Profile harmonisiert werden, d.h. in der Auflösung in Länge und Tiefe angepasst werden. Dafür wird das höher aufgelöste gemessene Profil mit Mittelbildung auf das modellierte Profil abgebildet. Für einen Test der Prozesskette standen gemessene und modellierte Profildaten der BAW zur Verfügung:

- **Messdaten:** Daten aus ADCP-Messungen<sup>29</sup> liegen als NetCDF-Datei vor. Diese ist CF standardkonform aufgebaut. Der Zeitraum beschränkt sich auf den 20.6.2010. Enthalten ist ein Querprofil der Elbe bei Rhinplate (Glückstadt).
- **Modelldaten:** Für Testzwecke wurden Modelldaten auf den Bereich der Messdaten zugeschnitten. Somit ist ebenfalls ein Querprofil der Elbe bei Rhinplate vorhanden.

**Datenbereitstellung:** Die Mess- und Modelldaten, die als NetCDF-Dateien vorliegen, werden mit Hilfe eines Web Coverage Service (WCS)<sup>30</sup> bereitgestellt. Dieser wird in einem Prozess abgefragt. Die gefilterten Daten werden als GMLCov XML übertragen.

**Produktdatensätze:** Die Ergebnisdaten sind als XML in GMLCov modelliert. Sie enthalten neben der Ergebniszeitreihe auch grundlegende Metadaten.

**Beschreibung der Prozesskette:** Zum Starten der Prozesskette muss der Haupt-Prozess „BAWMasterProcess“ mit einem executeProcess-Request aufgerufen werden. Dabei werden alle benötigten Input-Parameter (Links auf Mess- und Modellprofildatensatz) übergeben. Innerhalb dieses Hauptprozesses werden die eigentlichen Teilprozesse der Prozesskette nacheinander gestartet. Bei einer Modellierung der Prozesskette mit dem RichWPS-ModelBuilder entfällt dieser Haupt-Prozess.

Im ersten Schritt der Prozesskette werden die beiden Profile harmonisiert (MatchProfiles). Hierbei wird ausgenutzt, dass das gemessene Profil eine deutliche höhere Auflösung aufweist als das modellierte. Das Raster des modellierten Profils wird als Vorlage verwendet, auf das das gemessene Profil angepasst wird. Durch die bekannten Koordinaten sowie die Tiefenwerte der Profilmessungen kann für jeden Rasterpunkt des modellierten Profils der entsprechende Wert aus dem gemessenen Profil gesucht werden. Da die Koordinaten nie exakt übereinstimmen werden, wird eine Mittelbildung der umliegenden Messwerte durchgeführt. Das angepasste Messprofil wird in einer GMLCov-XML-Struktur zurückgegeben. Dieses angepasste Profil wird im zweiten Prozess der Kette mit dem modellierten Profil verglichen, d.h. es wird die Differenz der einzelnen Rasterwerte gebildet (CompareProfiles). Das Ergebnis ist ein Differenzprofil.

<sup>29</sup> <https://de.wikipedia.org/wiki/Ultraschall-Doppler-Profil-Str%C3%B6mungsmesser>

<sup>30</sup> <http://www.opengeospatial.org/standards/wcs>

Nach dem Durchlauf dieser Prozesse gibt der Haupt-Prozess das Differenzprofil als Output-Parameter im Response zurück.

Der komponierte WPS-Prozess ist in Abbildung 13 illustriert.

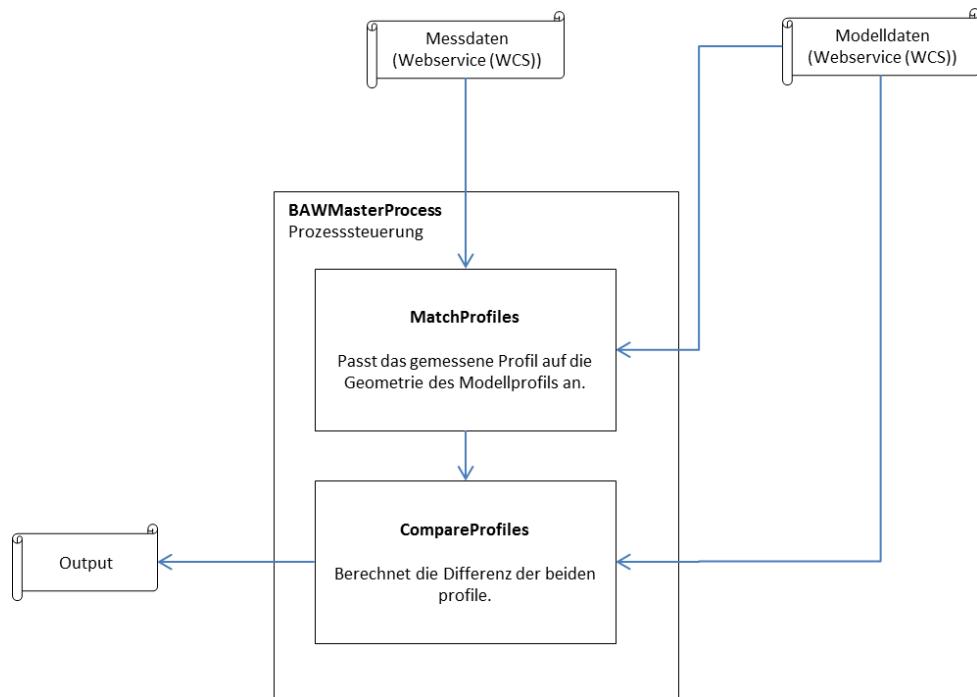


Abbildung 13: Prozesskette für BAW Anwendungsszenario 2

Die Prozessschritte im Überblick:

#### Prozesssteuerung (BAWMasterProcess):

Steuerung der Prozesskette, Aufruf der Unterprozesse.

#### Profile harmonisieren (MatchProfiles):

Der Prozess erwartet als Eingabeparameter 2 Links zu einem getCoverage-Request eines WCS, einmal für Mess- und einmal für Modelldaten. Anschließend werden aus dem Messprofil die Punkte gesucht, die am nächsten zu den modellierten liegen. An diesen Punkten wird nun die nächstliegende Tiefe gesucht. Als Ergebnis erhält man ein Messprofil mit derselben Geometrie wie das Modellprofil.

#### Differenz der Profile berechnen (CompareProfiles):

Es wird eine einfache Differenz der beiden Profile gebildet. Das Ergebnis ist wiederum ein GMLCov XML mit dem Produktdatensatz.

#### Erzeugung von Metadaten für Prozessergebnisse

Für die Realisierung eines transparenten Prozessablaufs ist es notwendig, dass in der Ergebnisdatei sämtliche **Metadaten der Eingangsdaten** (Mess- und Modelldaten), **der Prozesskette sowie der Einzelprozesse** vorhanden oder verlinkt sind. So kann auch zu einem späteren Zeitpunkt immer noch die Entstehung des Produkts nachvollzogen werden.

Für die Mess- und Modelldaten wurden beispielhaft ISO-konforme Metadatensätze angelegt, die über eine CSW abrufbar sind. Weitere benötigte Metainformationen sind direkt in den NetCDF-Dateien in Form des NCML-XML-Schemas enthalten. Teile dieser Metadaten werden beim Einlesen der Daten extrahiert und an den Prozess übergeben. Innerhalb des Auswerteprozesses werden diese Metadaten in die Produktdatensätze integriert. Zusätzlich werden die Metadatensätze der Eingangsdaten direkt im Ergebnisdatensatz verlinkt. Die NCML Modellmetadaten wiederum sind in den ISO Metadaten verlinkt, so dass eine kaskadierende Struktur entsteht, die Redundanzen verhindert und trotzdem alle relevanten Metadaten zugänglich macht (für das Beispiel des 1. Anwendungsszenarios siehe Abbildung 14).

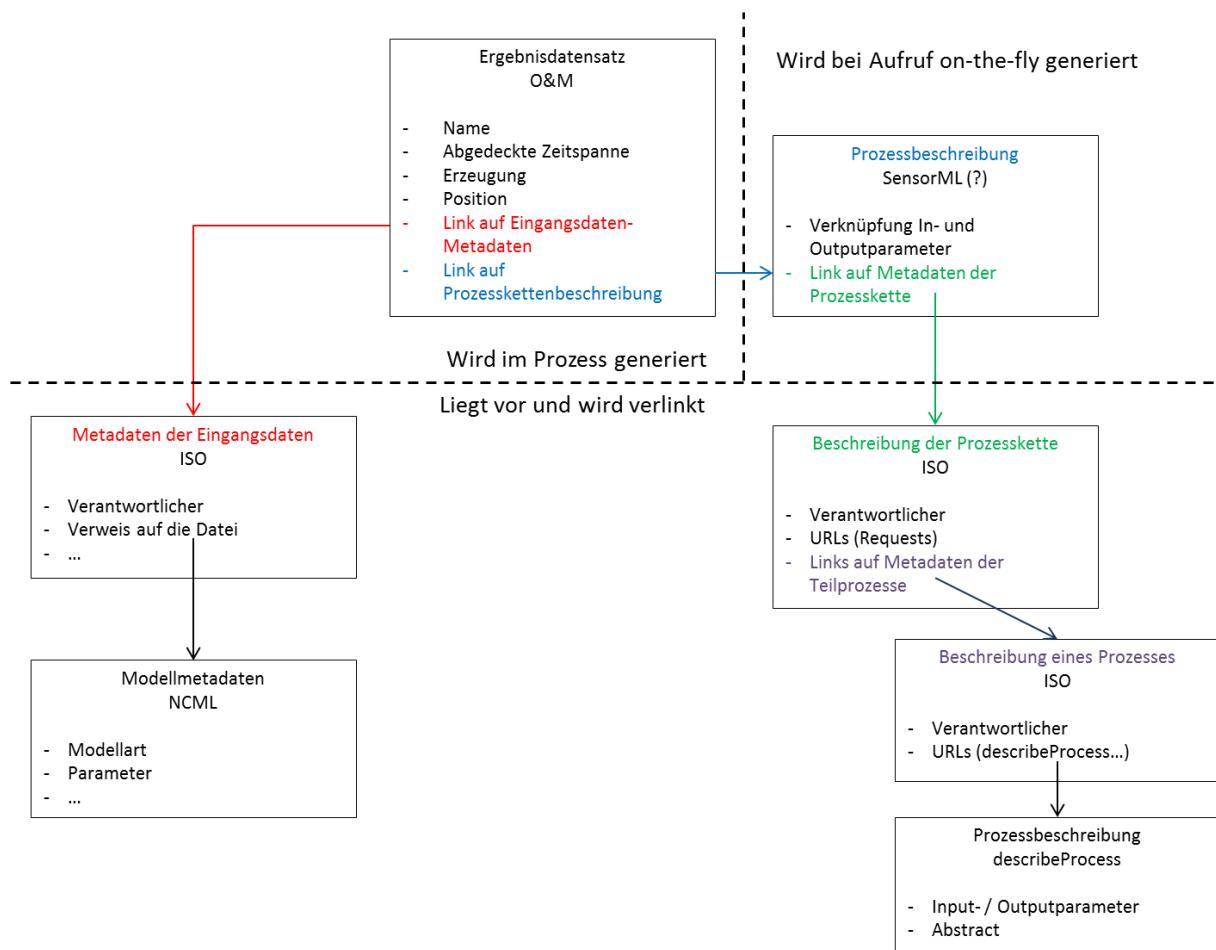


Abbildung 14: Vernetzte Metadatenstruktur für WPS-Prozess-Ergebnisse

Ein noch ungelöstes Problem ist die ISO-kompatible Modellierung der Metadaten für die Prozesskette. In den bestehenden Schemata für die Beschreibung von Diensten und Datensätzen ist eine Beschreibung von Dienstketten, die nach dem Eltern-Kind-Prinzip aufgebaut sind, nicht vorgesehen. Da Prozessketten theoretisch aus beliebigen Kombinationen vorhandener Prozesse gebildet werden



können, ist es sinnvoll Prozesskettenbeschreibungen automatisiert zu generieren. Hier könnte beispielsweise die Prozesskettendefinition des ModelBuilder verwendet, nach SensorML<sup>31</sup> umgewandelt und über einen Webdienst bereitgestellt werden. Der Link auf diesen Dienst kann dann in den Produktdatensatz integriert werden, so dass nachvollzogen werden kann, durch welche Prozesse ein Produkt erzeugt wurde.

### BAW Web-Client

Mithilfe des BAW WPS-Client können Eingangsdaten für die Prozesskette ausgewählt, der Prozess gestartet und die Ergebnisse als Plot visualisiert werden. Zusätzlich lassen sich die Ergebnisdaten im O&M Format sowie die Zeitreihe als Bild herunterladen. Informationen zu verfügbaren Mess- und Modelldaten werden über die CSW-Schnittstelle des BAW-NOKIS-Metadatenkatalogs abgerufen und in einer Liste sowie in einer Kartenansicht angezeigt. Hierüber können diese dann ausgewählt werden. Im COSYNA Sub-Szenario wird der COSYNA-NOKIS-Metadatenkatalog angebunden. Hier gibt es Unterschiede beim getRecords-Request sowie beim abgefragten Schema.

Wir haben weiter vorne in Abbildung 7 und Abbildung 8 bereits gezeigt, wie sich am Beispiel des ersten Anwendungsszenarios auf der GUI der BAW Web-Client für die Spezifikation der Eingabe-parameter und bei der Präsentation der Prozessergebnisse darstellt

Der Ablauf im zweiten Anwendungsszenario ist im Prinzip identisch mit dem oben beschriebenen. Die Datensätze werden nur mittels WCS bereitgestellt und übermittelt. Der Client ist speziell an die Anwendungsszenarien der BAW angepasst und ist nicht ohne weiteres für andere Prozessketten verwendbar.

### Rollenmodell

Im Folgenden wird ein mögliches Rollenmodell beschrieben, so wie es in einer „enriched WPS Infrastruktur“ an der BAW aussehen könnte:

- **Prozessentwickler:** Entwickelt anhand von Fachanforderungen neue, möglichst generische Prozesse, die anschließend auf dem BAW WPS-Server zur Verfügung gestellt werden. Benötigt zwingend Java-Programmierkenntnisse.
- **Prozessadministrator:** Erstellt neue, für spezielle Aufgaben vorgesehene, Prozessketten aus dem Pool verfügbarer Prozesse mithilfe des ModelBuilders und veröffentlicht sie auf dem RichWPS-Server. Verfügbar sind alle Prozesse, die dem SemanticProxy bekannt sind. Neben der BAW können diese von beliebigen Anbietern stammen.
- **Metadatenverwalter:** Erzeugt Metadaten zu Prozessen und RichWPS-Prozessketten.
- **Nutzer:** Fachanwender, der RichWPS-Prozessketten in seinen Arbeitsablauf integriert.

<sup>31</sup> <http://www.opengeospatial.org/standards/sensorml>



## Diskussion

In beiden von der BAW entwickelten Anwendungsszenarien konnte gezeigt werden, dass (a) zum einen die Webdienste-gestützte Auswertung von Daten mit Hilfe von WPS möglich ist und auch effektiv durchgeführt werden kann und dass (b) zum anderen Teildatensätze aus numerischen Modellierungen mit Hilfe von standardisierten **OGC Webdiensten performant und interoperabel** bereitgestellt werden können.

Im ersten Anwendungsszenario konnten erfolgreich Daten aus dem COSYNA-System für den Vergleich eingebunden werden. Dieses Szenario veranschaulicht sehr gut die Integration einer WPS-Prozesskette in eine GDI. Über eine Katalogschnittstelle werden Metadaten zu verfügbaren Datensätzen abgerufen. Die Daten werden mit Hilfe OGC-standardisierter Webdienste bereitgestellt und können mit Hilfe der Informationen aus den Metadaten direkt eingebunden werden.

Das zweite Anwendungsszenario verwendet zwar ausschließlich Daten der BAW, ist dafür aber näher an einem möglichen Einsatz innerhalb der BAW.

**Probleme** bestanden vor allem dabei, die **Verarbeitungsschritte in generische, wiederverwendbare Funktionen zu kapseln**. Es ist zumindest fraglich, dass aus einem bestehenden Repository an vorhandenen Prozessen funktionierende Prozessketten definiert werden können, die den speziellen Anforderungen der Anwendung gerecht werden.

Ein weiteres **Problem** betrifft den **generellen Entwicklungstand von Geodateninfrastrukturen**. Für das Szenario des Vergleichs von Wasserständen konnten in bestehenden Strukturen wie GDI-DE oder MDI-DE praktisch keine Datensätze gefunden werden, die mittels Metadaten recherchierbar sind und mit Hilfe von OGC-Diensten bereitgestellt werden. COSYNA betreibt zwar einen Metadatenkatalog, die dort gepflegten Metadaten haben allerdings eine teils proprietäre Struktur und werden über MDI-DE unvollständig angezeigt. Über die auf dem COSYNA-Datenportal angebotene Suche konnte dann aber ein geeigneter Datensatz identifiziert werden. Dieser enthält im Element „observed-Property“ eine Unter-XML-Struktur in der der Datenzugriff beschrieben ist. Was allerdings fehlt, sind wichtige Informationen zu den Daten selbst, vor allem der Pegelnullpunkt bzw. der Bezugshorizont. Die Datensätze werden mittels SOS 1.0 bereitgestellt. Leider sind die getObservation-Responses nicht vollständig valide. Es wird beispielsweise eine falsche Schemareferenz angegeben. Im Prozess „ReadOMv1“ wird das XML aus dem SOS geparsst und in eine O&M 2.0 Struktur umgewandelt. Dabei werden auch die oben genannten Probleme behandelt.

Um eine WPS-Prozesskette optimal in eine GDI integrieren zu können, müssen einige Dinge beachtet werden. Da in einer GDI der Datentransfer mithilfe standardisierter Webdienste geschieht, sollten auch WPS-Prozessketten diese als Datenquellen verwenden können. Konkret geht es dabei vor allem um die XML-Formate GML und O&M. Auch das **Ergebnis einer Prozesskette** sollte in **solch einem standardisierten Format** vorliegen. Eine weitere Voraussetzung für die Integration in GDIs ist die Recherchierbarkeit mittels Metadaten. Die **Prozesskette sowie alle Unterprozesse müssen mit Meta-**



**daten beschrieben sein.** Hierbei besteht allerdings noch das Problem, dass es noch keine Handhabe für die effektive Beschreibung von Prozessketten mit ihren assoziierten Subprozessen gibt.

Eine weitere Einschränkung in der Verwendbarkeit von WPS-Prozessketten ist die Steuerung und Ergebnisverarbeitung. Für einen effektiven Einsatz empfiehlt sich ein Client mit graphischer Benutzeroberfläche. Es ist dabei theoretisch möglich generische Clients zu entwickeln, die die Prozessbeschreibung interpretieren und entsprechende Eingabefelder für die Inputparameter generieren. Bei diesem Punkt ist anzumerken, dass es essentiell wichtig ist, dass für jeden Prozess und seine Input- und Output-Parameter detaillierte Beschreibungen vorhanden sind. Dies ist nicht nur bei einem generischen Client notwendig, sondern schon bei der Modellierung der Prozesskette eine Voraussetzung, damit der Modellierende überhaupt die Prozesse korrekt zusammenfügen kann. **Generische Clients** sind allerdings **immer schlechter in der Handhabung** als spezifische Clients, die für eine bestimmte Aufgabe entwickelt wurden. Es kann aber auch keine Lösung sein, für jede Anwendung, die eine Prozesskette verwendet, einen eigenen Client zu entwickeln.

Insgesamt wird aber auf jeden Fall ein **hohes Maß an Programmierkenntnissen** vorausgesetzt, soll eine Anwendung basierend auf Prozessen implementiert werden.

#### 2.1.4.2 Pilotanwendung beim LKN

##### Anwendungskontext

Während der letzten Jahre erlangte die **Europäische Gesetzgebung im Bereich der Umweltpolitik** zunehmend an Bedeutung. Verschiedene Richtlinien und EU-Anforderungen wurden erlassen, um den Zustand der Umwelt besser bewerten und kontrollieren zu können. Regelmäßige Zustandsüberwachung und Maßnahmenprogramme sollen somit zu einer Verbesserung der Umweltqualität beitragen. Insbesondere die **Wasserrahmenrichtlinie (WRRL)** und die **Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL)** fordern vergleichbare und transparente Bewertungsverfahren. Beide Richtlinien haben das Hauptziel der Erreichung eines guten ökologischen Zustandes der Gewässer bzw. der Meeresumwelt. Der Umweltzustand wird nach der WRRL anhand von biologischen, hydromorphologischen und physikalisch-chemischen Qualitätskomponenten bewertet [EU, 2000]. Nach der MSRL erfolgt die Bewertung des ökologischen Zustandes der Meeresumwelt anhand verschiedener Deskriptoren [EU, 2008].

Explizit fordert die MSRL, dass für die Bereitstellung und Verarbeitung von Geodaten Verfahren nach der **INSPIRE-Richtlinie (INfrastructure for SPatial InfoRmation in Europe)** zu nutzen sind. INSPIRE dient zur Schaffung einer einheitlichen Geodateninfrastruktur (GDI) in der Europäischen Gemeinschaft und ermöglicht somit eine EU-weite Bereitstellung, Interoperabilität und Nutzbarkeit von Geodaten. Dadurch soll ein reibungsloser Informationsaustausch zwischen allen europäischen Mitgliedsstaaten ermöglicht werden [Kohlus et al., 2009]. INSPIRE definiert bereits technische Vorgaben, insbesondere die Nutzung einer dienstebasierten Softwarearchitektur. Die Richtlinie fordert rechtlich Such-, Darstellungs-, Download- und Transformationsdienste [EU, 2007]. INSPIRE stützt sich auf die von den Mitgliedsstaaten geschaffenen Geodateninfrastrukturen (GDIs) mit Fachnetzwerken. Neben



der Geodateninfrastruktur Deutschland (GDI-DE) wurde eine Marine Dateninfrastruktur Deutschland (MDI-DE) aufgebaut, die sich auf alle für die deutsche Küstenzone von Nord- und Ostsee, sowie an sie angrenzende Meeresteile, relevanten Datenbestände richtet. Um interoperable Geodateninfrastrukturen und die breite Nutzung von Geodaten zu realisieren, wird vorausgesetzt, dass hierfür offene Standards für Daten- und Metadatenmodelle sowie für Kommunikationsarchitekturen und -protokolle verwendet werden müssen. In der Praxis werden bei der Umsetzung standardisierte Dienste des Open Geospatial Consortiums (OGC) und der ISO genutzt. Zu den von INSPIRE geforderten Geodatendiensten (vgl. INSPIRE-Direktive, Artikel 11 Nummer 1 Ziffer a)-d) ) kann folgende Zuordnung der OGC-Dienste erfolgen [GDI-NI, 2012]:

- Suchdienst: *Catalogue Service Web (CSW)*
- Darstellungsdienst: *Web Map Service (WMS)*
- Download-Dienst: *Web Feature Service (WFS), Web Coverage Service (WCS)*
- Transformationsdienst: *Web Processing Service (WPS)*

INSPIRE ist darauf angelegt, **Umweltdaten innerhalb der EU transparent** zu machen. Verfahren der Umweltrichtlinien WRRL und MSRL werden über die Grenzen von Nationalstaaten hinaus interkaliibriert oder nachvollziehbar gestaltet. Ziel ist eine vergleichbare und transparente Bewertung. Daher sollten Bewertungen mit einer Dienste-Technik nachvollziehbar umgesetzt und zugänglich angeboten werden.

Die Erreichung der in den Richtlinien vereinbarten Umweltqualitätsziele wird durch ein Monitoring geeigneter Qualitätskomponenten geprüft. Neben dem Umweltzustand berichten die Mitgliedsstaaten ebenfalls über die zur Verbesserung des Umweltzustands getroffenen Maßnahmen. Diese sehr abstrakten Berichte gründen sich auf Bewertungen der Qualitätskomponenten, die sich auf eine Zahl von **bewerteten Umweltparametern** stützen.

In RichWPS wurde exemplarisch für einen solchen Parameter, die **Makrophyten der Nordseeküste**, die Automatisierung des Bewertungsprozesses mittels Dienstetechnologien erprobt. Die Bewertung dieses Parameters fließt zum einen in die Berichte zur Wasserrahmenrichtlinie und zum anderen in den Deskriptor 5 der MSRL ein, der die Zielsetzung zur Eutrophierung beschreibt. Das Bewertungsverfahren in automatisierter Form kann von allen Interessenten abgerufen werden. Eine erste Implementierung eines web-basierten, semiautomatisierten Bewertungsverfahrens mithilfe einer räumlichen und geometrische Operationen unterstützenden Datenbank erfolgte bereits durch [Rieger, 2011] und dient somit als Grundlage der Weiterentwicklung im Projekt.

Durch RichWPS sollte eine **effizientere softwaretechnische Umsetzung von Berichtspflichten für Bewertungsverfahren** nach der WRRL, MSRL und Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie erreicht werden. Das Hauptproblem von WPS in unseren Voruntersuchungen war, dass es keine simple Möglichkeit gibt, einen solchen Dienst einzurichten. Voraussetzung hierfür sind Kenntnisse von Programmiersprachen, da ein WPS nicht einfach konfiguriert werden kann. Somit müssen komplexe Verarbeitungen durch WPS zunächst verfügbar gemacht werden, die abschließend auf Konfigurationsebene anpassbar sind. Daher sollte eine vereinfachte, benutzerfreundliche und effektivere Werkzeugnutzung ermöglicht



werden. Anhand der Ergebnisse des RichWPS-Projektes sollte es dann möglich werden, später weitere Bewertungsprozesse softwaretechnisch effizient umzusetzen.

Im Folgenden wird ausschließlich auf das Anwendungsszenario des LKN Bezug genommen, das in RichWPS exemplarisch umgesetzt wurde: Das **Wattenmeer** ist eines der dynamischen und schnell veränderbaren Biotope der Welt. Dadurch und aufgrund der zahlreichen Faktoren, die den Umweltzustand beeinflussen, ist es von großer Bedeutung, dass eine kontinuierliche Überwachung mit anschließender Analyse und Bewertung von marinen Daten durchgeführt wird. Untersuchungsgebiet ist das Schleswig-Holsteinische Wattenmeer, das 1985 zum Nationalpark, 1990 zum Biosphärenreservat und 2009 zum **Weltnaturerbe** erklärt wurde.

### Seegras und Grünalgen als Makrophyten

**Makrophyten** sind pflanzliche Organismen, die mit dem bloßen Auge erkennbar sind [Bogenrieder et al., 1985]. Zu diesen zählen u.a. die Seegräser und Grünalgen. Seegraswiesen sind für das gesamte Ökosystem von großer Bedeutung, sei es als Nährstoffbinder oder als Nahrungsquelle für zahlreiche Vogelarten. Daher gilt Seegras als natürlicher Indikator für einen guten ökologischen Zustand der Umwelt. Im Schleswig-Holsteinischen Wattenmeer kommen zwei Seegras-Arten vor: Das Kleine oder Zwergseegras (*Zostera noltii/nana*) und das Große Seegras (*Zostera marina*). Ein Vorkommen beider Arten geht als Biodiversitätsfaktor positiv in die Bewertung ein. Jedoch sind Seegräser empfindlich gegenüber Eutrophierung, d.h. gegen vermehrte Nährstoffanreicherungen von insbesondere Stickstoff und Phosphorverbindungen [Binder & Reimers, 2013]. Durch die erhöhte Nährstoffkonzentration kommt es u.a. bei den Makrophyten zu eutrophierungsbedingten Artverschiebungen, einer Zunahme opportunistischer Makroalgen, die sich schließlich zu Algenmatten ausbilden. Eine Massenvermehrung mit resultierenden Algenmatten gilt daher als Indikator für Eutrophierung und damit verbunden für einen schlechten Umweltzustand, bei dem z. B. Sauerstoffmangel zum Sterben der benthischen Fauna führen kann. Die zwei im Untersuchungsgebiet überwiegend vorkommenden makrophytischen Algen sind Darmtang (*Enteromorpha*) und Meeressalat (*Ulva lactuca*).

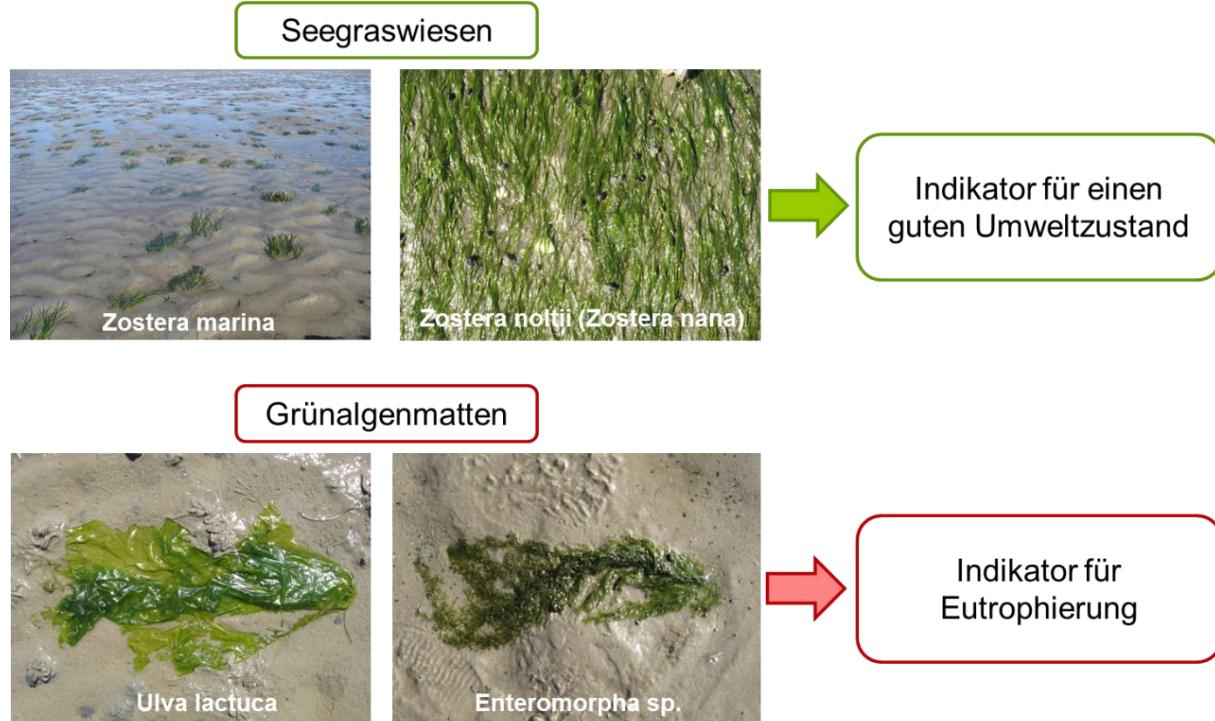


Abbildung 15: Makrophytenstatus als Umweltindikator

### Makrophytenmonitoring

Die Vorkommen von Seegras und Grünalgen werden im Auftrag des LKN und des Landesamtes für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume (LLUR) beobachtet. Die Makrophytenbestände werden nach zwei Methoden erfasst, zum einen durch Übersichtsauswertungen dreifacher **Befliegung** und zum anderen durch die jährliche Kartierung von 1/6 des Gesamtgebiets per Begehung. Die seit 1994 eingesetzte Befliegung liefert aktuelle Daten zur flächendeckenden Erfassung von Seegras- und Grünalgvorkommen. Durch die dreifache Befliegung in den Sommermonaten kann die Maximalverbreitung ermittelt werden. Flächen mit mehr als 20 % Bedeckung von Seegras bzw. Grünalgen können sicher erkannt werden; zudem ist es möglich, eine weitere Deckungsklasse über 60 % zu identifizieren. Anhand dieser Methode ist es jedoch nicht möglich, Lebensgemeinschaften zu untersuchen und Bestände mit einer sehr geringen Deckung zu erfassen.

Eine qualitative und präzisere Datenerfassung der Seegrasbestände kann mithilfe der **Bodenkartierung** erlangt werden. Nachteil dieser zeitintensiven Methode ist, dass lediglich 1/6 der Fläche pro Jahr kartiert werden kann und somit die Vergleichbarkeit zwischen den Jahren nur eingeschränkt möglich ist, da u.a. nicht gezielt die Maximalverbreitung erfasst werden kann. Jedoch liefert die Kartierung eine höhere geometrische Genauigkeit und zusätzlich die Zusammensetzung der Seegraswiesen aus den beiden *Zostera*-Arten. Grünalgvorkommen werden bei der Bodenkartierung nicht erfasst.

### Makrophytenbewertung im Schleswig-Holsteinischen Wattenmeer

Den Bezugsraum der Bewertung des ökologischen Umweltzustandes nach der WRRL bilden die **Wasserkörper**. Im Schleswig-Holsteinischen Wattenmeer liegen 12 Wasserkörper, über die im Rahmen der WRRL Auskunft zu geben ist. Da einerseits die Grünalgen lange Zeit mobil bleiben und zwischen Wasserkörpern bewegt werden und andererseits Seegras typischerweise besonders entlang der Wasserkörper-Grenzen vorkommt, wird der Zustand für die eng vernetzten Teilräume **nordfriesisches (NF) und dithmarsches (DI) Wattenmeer** ermittelt. Die Bewertung gilt dann für alle einzelnen Wasserkörper.

Das Verfahren der Makrophytenbewertung legt ein methodisches Konzept von Reise [Dolch et al., 2012] zugrunde und erfolgt auf Basis folgender fünf Merkmale:

- (1) Ausdehnung und (2) Bewuchsdichte von Seegraswiesen;
- (3) Zusammensetzung der beiden heimischen Zostera-Arten;
- (4) Ausdehnung und (5) Bewuchsdichte von Grünalgenmatten.

Für die Bewertung wird auf Basis einer **Bewertungsmatrix** der Makrophytobenthos-Index nach Reise bestimmt [Dolch et al., 2012] (Abbildung 16). Diese Bewertungsmatrix ist in fünf Qualitätskategorien des ökologischen Zustandes von schlecht (0) bis sehr gut (4) sowie in die Module Seegras und Grünalgen unterteilt. Die Klassengrenzen der fünf Kategorien wurden auf Basis eines angenommenen Referenzzustandes ermittelt. Für die Interkalibrierung bzw. zur Vergleichsanalyse von Gewässern in mehreren Ländern werden die zunächst absoluten Werte über ihre jeweiligen Ecological Quality Ratios (EQR) normiert und miteinander verrechnet. Der ökologische Qualitätsquotient (EQR) gibt das Verhältnis des tatsächlichen ökologischen Gewässerzustands zum Referenzzustand auf einer Skala von 0 bis 1 an, wobei 0 die niedrigste Qualitätskategorie „schlecht“ beschreibt und 1 der besten Bewertungsstufe „sehr gut“ entspricht.

Bewertungsmatrix Nordfriesland Makrophytobenthos-Index							
Qualitäts-kategorien	0	1	2	3	4	Gewichtung %	Norm-EQR gemäß Gewichtung für 6-Jahre-Interval
	Schlecht	Unbe-friedigend	Mäßig	Gut	Sehr gut		
Norm-EQR	0 – 0,19	0,2 – 0,39	0,4 – 0,59	0,6 – 0,79	0,8 – 1,0		
Modul Seegras <sup>6</sup>	Eulitorale Fläche (%) <sup>1</sup>	< 2	2 - 4,9	5 - 9,9	10 - 19,9	20 - 100	50
	Anteil ≥ 60 % Bedeckung (%) <sup>2</sup>	< 6	6 - 11,9	12 - 24,9	25 - 49,9	50 - 100	10
	Präsenz beider Arten (%) <sup>3</sup>	< 20	20 - 39,9	40 - 59,9	60 - 79,9	80 - 100	10
Modul Grünalgen <sup>7</sup>	Eulitorale Fläche (%) <sup>4</sup>	100 - 15	14,9 - 7	6,9 - 3	2,9 - 1	< 1	20
	Anteil ≥ 60 % Bedeckung (%) <sup>5</sup>	100 - 50	49,9 - 25	24,9 - 12	11,9 - 6	< 6	10
<i>Mittelwerte aller Parameter-EQRs über 6 Jahre</i>							

Abbildung 16: Bewertungsmatrix für die Bestimmung des Makrophytenbenthos Index für das Berichtsgebiet Nordfriesland



Die EQRs sind für die Verrechnung der Parameter in Relation zur Wattfläche und Biodiversitätsparameter vorzunehmen. Die verwendete Formel zur Berechnung der EQR-Werte für die Makrophytenanalyse wird in [Dolch et al., 2010] beschrieben. Da die WRRL einen Berichtszeitraum von sechs Jahren vorsieht, basiert die Gesamtbewertung auf der Mittelwertbildung aller normierten EQRs über sechs Jahre.

### Vorarbeiten: Implementierung eines Web-basierten, automatisierten Bewertungsverfahrens

Die Entwicklung des **Webdienstes zur Makrophytenbewertung** basiert auf der Grundlage der Masterarbeiten [Rieger, 2011] und [Wössner, 2013]. [Rieger, 2011] entwickelte ein Web-basiertes, automatisiertes Bewertungsverfahren für Makrophyten unter Verwendung von Befliegungsdaten der Seegras- und Grünalgenvorkommen. Die Bewertung entspricht den Anforderungen der WRRL und INSPIRE-Richtlinie. Es wurden verschiedene Ansätze für die Implementierung des Bewertungsverfahrens untersucht. Dabei zeigte das Bewertungsverfahren basierend auf einer PostgreSQL-Datenbank mit dem räumlichen Aufsatz PostGIS und der anschließenden Präsentation von Ergebnissen auf einer Web-Oberfläche eine gute Umsetzungsmöglichkeit. Es wurden dabei mehrere Komponenten kombiniert. Durch die Verknüpfung mit dem GeoServer konnten in der Datenbank vorhandene raumbezogene Daten mit ihren Attributen analog den Forderungen an eine Geodateninfrastruktur als Web-Services (als WMS und WFS) bereitgestellt werden.

Dieses Bewertungsverfahren steht auf dem Schleswig-Holsteinischen Knoten der Marinens Dateninfrastruktur Deutschland (MDI-DE) zur Verfügung.<sup>32</sup> Bei dieser Web-Anwendung wird die Bewertung basierend auf den Eingangsparametern vollständig automatisch auf dem Server durchgeführt. Der erklärende Text zu den Bewertungsergebnissen kann durch den Fachanwender wissensbasiert editiert werden. Des Weiteren können die erstellten Bewertungskarten durch einen WFS im Shapefile-Format heruntergeladen werden. Eine vollständige servicebasierte Umsetzung nach INSPIRE-Anforderungen durch die Bereitstellung einer dynamischen URL (Uniform Resource Locator), über die die Ergebnisse in unterschiedlichen Formaten (z. B. GML) abgerufen werden können, konnte im Zuge dieser Studie noch nicht realisiert werden. Jedoch wurde die Forderung einer automatisierten Generierung von Berichten nach der MSRL und INSPIRE erfolgreich umgesetzt.

In RichWPS wurden die im Rahmen dieser Masterarbeit erlangten Erfahrungen genutzt und weiterentwickelt. Ziel war es, ein automatisiertes Bewertungsverfahren auf Basis von Web-Diensten zu entwickeln, d.h. nicht mehr Datenbank-gestützt, sondern unter Verwendung von WFS als Ein- und Ausgangsparameter sowie mit Prozessierung mittels WPS.

### RichWPS: Eine Software-Umgebung für Fachanwender zur effizienteren Nutzung von Geodaten mit Web Processing Services

Beim LKN wurden zunächst die benötigten Softwarekomponenten identifiziert und ihre Installation sowie die Implementierung einer Java-Entwicklungsumgebung durchgeführt. Dabei musste die Kom-

<sup>32</sup> <http://mdi-sh.org/mpb/>

munikation der einzelnen Komponenten untereinander sichergestellt werden. Erst nach stabilem Aufbau einer solchen Architektur können Prozesse entwickelt, getestet und als WPS bereitgestellt werden. Der Prozessablauf der Bewertung wurde daraufhin untersucht, ob **Teilabläufe auch in anderen Bewertungsverfahren** auftauchen. Prozessmodule zur Verschneidung, zum Heraussuchen eines Datensatzes mit maximaler Objektausdehnung oder des aktuellen Datensatzes sind solche wiederverwendbaren Grundbausteine. Sie können zu konfigurierbaren Komponenten entwickelt werden.

Das LKN Szenario besteht im ersten Analyseschritt aus **zwei Prozessschritten**. Der erste, komplexere WPS-Prozess (*MPBMain*) beinhaltet die eigentliche Bewertung von Makrophyten. Die Input-Daten werden eingelesen, räumlich verschnitten, die Kenngrößen ermittelt, und anhand der Bewertungsmatrix wird der Makrophytobenthos-Index bestimmt. Anschließend werden die Bewertungsergebnisse zurückgegeben. Der zweite WPS-Prozessschritt (*MPBReport*) nutzt die Ergebnisse und generiert daraus einen schriftlichen Bericht. Die Bewertungsergebnisse des MPBMain Prozesses werden zum einen als eine XML-Datei mit Kenngrößen und bewerteten Parametern und zum anderen als eine GML-Datei der bewerteten Berichtsgebiete mit Attributen ausgegeben und an den MPBReport Prozess weitergegeben. Abbildung 17 zeigt diese erste Zerlegung des Prozesses in zwei Schritte, die Eingangsdaten und die Verknüpfung der beiden Teilprozesse.

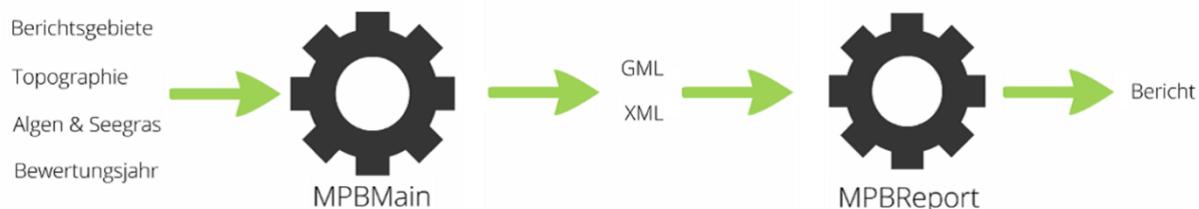


Abbildung 17: Oberste Ebene der Prozesszerlegung im LKN-Szenario

Im weiteren Verlauf von RichWPS wurde der komplexe WPS-Prozess MPBMain in weitere Prozessbausteine untergliedert. Einige der Prozessbausteine stellen **wiederverwendbare Prozesse** dar. Alle Bewertungen im Rahmen der WRRL beziehen sich auf Berichtsgebiete bzw. im Küstenraum auf sogenannte Wasserkörper. Das *Selektieren bestimmter Berichtsgebiete* aus der Gesamtmenge der Wasserkörper ist somit ein wiederverwendbarer Prozess, der nicht nur in der Makrophytenbewertung Anwendung findet. Bei Bewertungen im Schleswig-Holsteinischen Wattenmeer ist über 12 Wasserkörper Bericht zu erstellen. Im Spezialfall der Seegräser und Grünalgen wird die Bewertung über jeweils die Wasserkörper im NF-Wattenmeer und DI-Wattenmeer akkumuliert ermittelt. Die gemeinschaftlichen Bewertungsergebnisse werden dann für die einzelnen Wasserkörper berichtet. Da heute das Seegras im europäischen Wattenmeer nur noch eulitoral vorkommt, geht der Anteil des von Seegras bedeckten Wattes in die Bewertung ein. Daher werden nur die Wattflächen der Berichtsgebiete NF und DI betrachtet und diese mittels Verschneidung von Berichtsgebieten (Wasserkörper) mit topographischen Daten gewonnen. Der Prozessbaustein der *räumlichen Verschneidung* von Wattflächen, Topographien und Berichtsgebieten kann ebenfalls als ein wieder-

kehrender Prozess angesehen werden, der für andere Bewertungsverfahren im Rahmen der WRRL verwendet werden kann.

Abbildung 18 illustriert die verschiedenen entstandenen Prozessbausteine auf dieser zweiten Zerlegungsebene. Die weinrote Box („Report“) entspricht hier dem vorherigen Prozess MPBReport, alle Blau unterlegten Boxen konstituieren zusammen den Prozess MPBMain, während die orangefarbigen Ovale Benutzereingaben darstellen. Nach dem Testen der einzelnen Prozessschritte können diese dann im ModelBuilder wieder zu einem **kompletten Arbeitsablauf** zusammengefügt werden (Abbildung 19). Innerhalb eines Execute-Requests können **Eingabedaten** entweder in einem <wps:Data> oder mithilfe eines <wps:Reference> Elementes (unter Angabe einer URL auf eine Datenquelle) zur Ausführung dem Server übergeben werden. Im LKN wird hier eine Referenz zum GeoServer, der auf dem Infrastrukturknoten der MDI-SH implementiert ist, erteilt. Der RichWPS-Server holt sich dann die Daten vom GeoServer, bearbeitet diese und gibt das Ergebnis zurück.

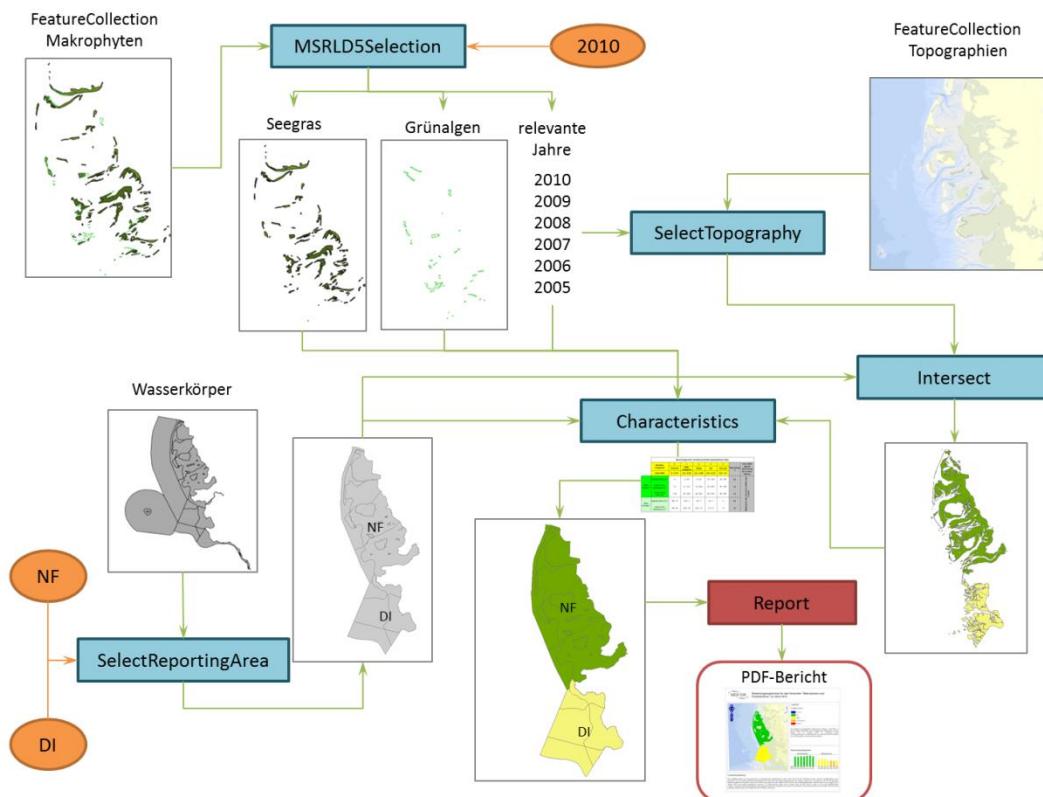


Abbildung 18: Illustration der (wiederverwendbaren) Prozessschritte bei der Makrophytenbewertung

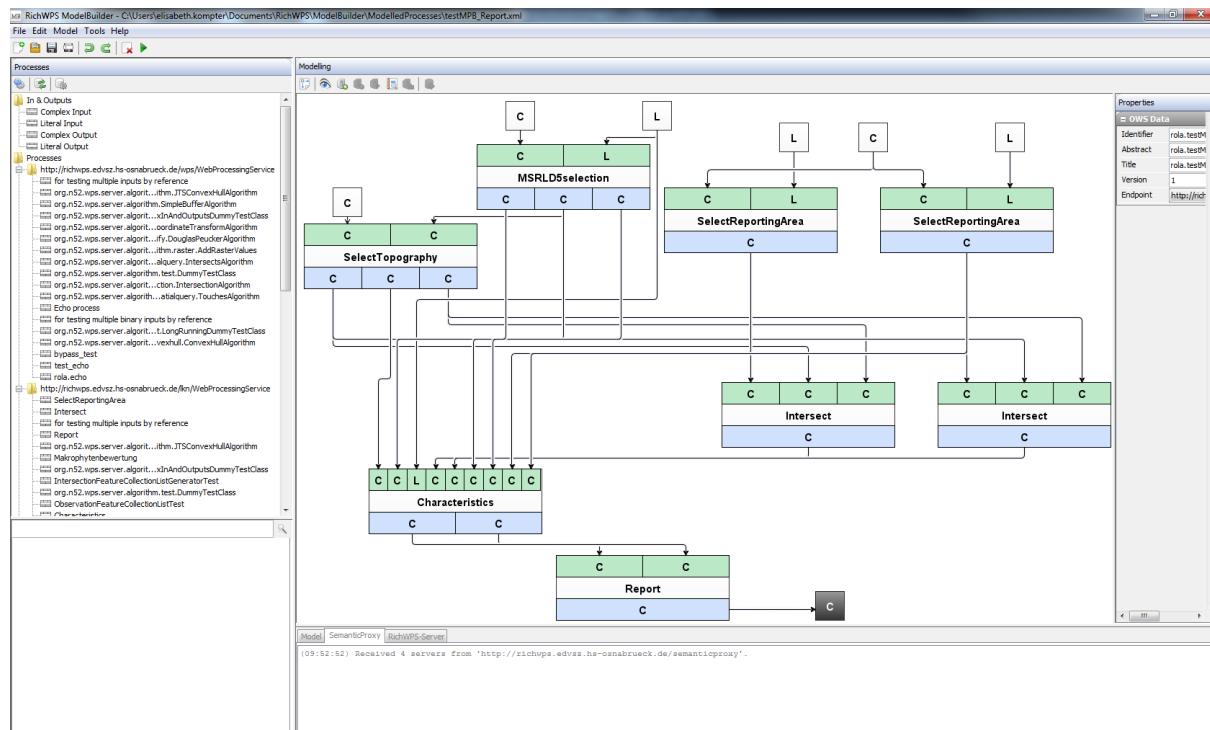


Abbildung 19: Der LKN-Makrophytenbewertungsprozess im RichWPS ModelBuilder

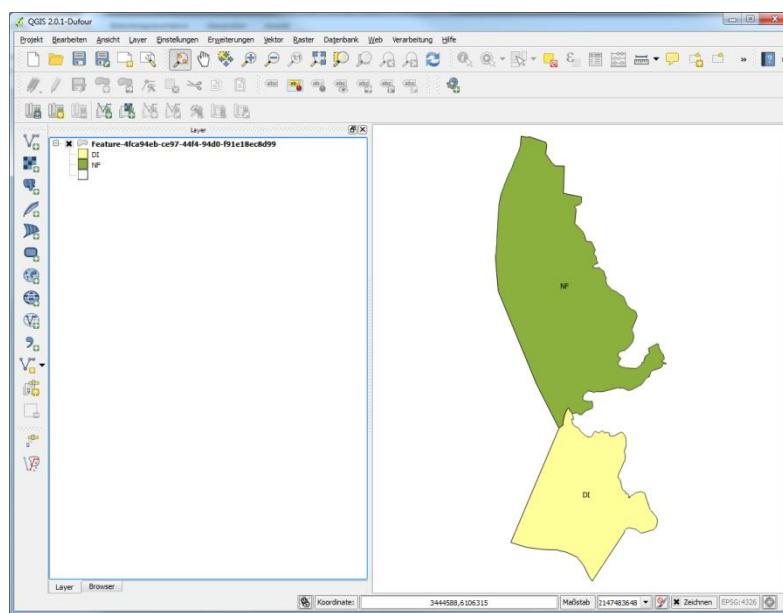


Abbildung 20: Darstellung des Bewertungsergebnisses im WPS-Client

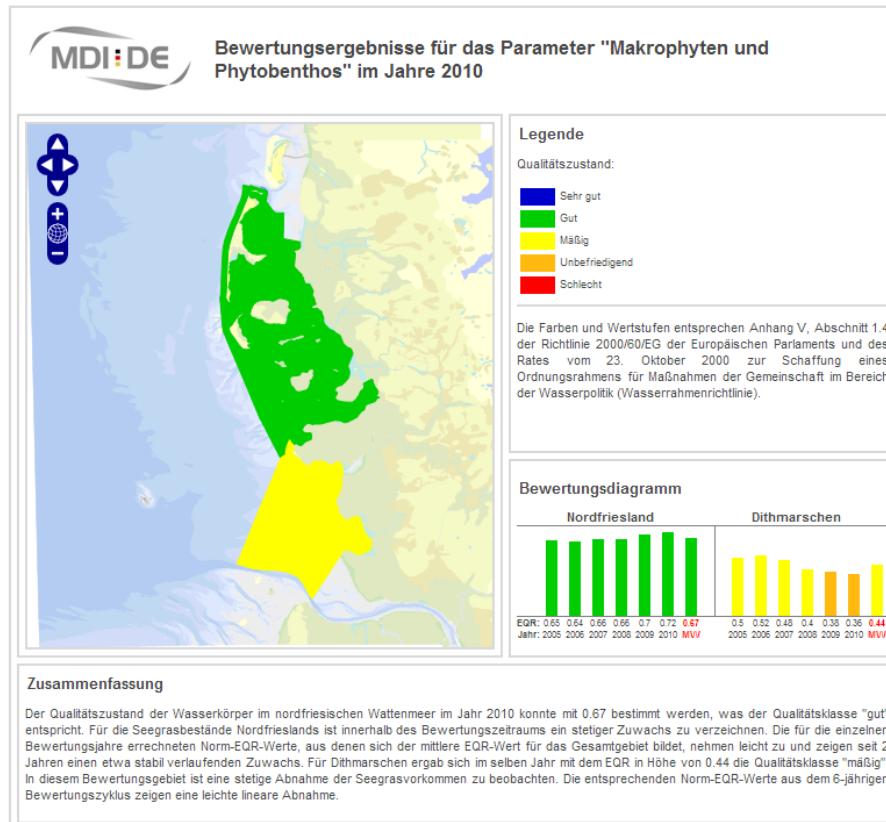


Abbildung 21: Automatisch erzeugbarer PDF-Report zur Makrophytenbewertung

Abbildung 20 zeigt eine einfach Ergebnisdarstellung im Web-Client. Es sind die beiden Teilräume DI und NF mit ihrer geographischen Erstreckung und einer Einfärbung entsprechend ihrer ökologischen Zustandsbewertung („Gut“ – grün – für NF; „Mäßig“ – gelb – für DI) zu sehen. In Abbildung 21 ist der automatisch erzeugte PDF-Report mit Legende, erläuterndem Text etc. zu sehen.

## Diskussion und Ausblick

Die Experimente im Umgang mit ModelBuilder und SemanticProxy zeigten, dass diese **benutzerfreundlich bedienbar** sind und nützliche Funktionen bieten. Es stellte sich heraus, dass es durchaus möglich ist, Funktionalitäten zu identifizieren, die als **wiederverwendbare Bausteine** in verschiedenen Prozessen genutzt werden können. Gleichwohl erfordern das Aufsetzen einer dienstebasierten Gesamtlösung und die Bereitstellung von Lösungsmodulen als Prozessbausteine immer noch mehr IT-Fachwissen, als aus Sicht des Fachanwenders wünschenswert erscheint. Wenn diese Bausteine erst einmal vorliegen, ist allerdings der Umgang mit einer Umgebung, wie sie der RichWPS ModelBuilder vorgibt, sehr viel realistischer zu erreichen und auch sehr viel besser mit den allgemeinen IT-Richtlinien vereinbar als wenn WPS-Bausteine „von Hand“ bereitgestellt und in Gesamtlösungen eingebaut werden müssten. Dies beruht nicht nur auf dem erforderlichen Maß an IT-Wissen. Es liegt auch daran, dass die behördlichen Organisationsstrukturen und IT-Sicherheitskonzepte normalerweise nicht erlauben, dass Fachabteilungen eigene Software-Entwicklung



betreiben. Dagegen ist eine Rekonfiguration existierender Prozessbausteine durchaus realistischer zu erreichen.

Während der Implementierung einer Java-Testumgebung am LKN kam es wiederholt zu Behinderungen und Hürden, die gelöst werden mussten. Beispielsweise wird aufgrund der **geschützten Netzstrukturen** des Landes Schleswig-Holstein beim Zugriff auf Dienste über das Internet ein Proxy benötigt. Eine langwierige Recherche hat ergeben, dass der 52°North WPS-Server (und damit auch der darauf basierende RichWPS-Server) standardmäßig ohne weiteres einen Proxy nicht unterstützt, was zu einem Zeitverzug bei der Problemlösung geführt hat. Dies mag ein Verständnis dafür vermitteln, dass Projektfolgen eng an Detailfragen gekoppelt sind. Schließlich konnte sichergestellt werden, dass alle Komponenten wie gewünscht miteinander kommunizieren und die Übergabe einer Referenz zu einem externen Server, auf dem die zu verwendenden Geodaten als WFS bereitgestellt sind, möglich ist. Der WPS-Server lädt schließlich über die angegebene URL die Daten herunter und führt den entsprechenden Prozess aus. Damit wurde allerdings auch gezeigt, dass aus rein technischer Sicht **verteilte Szenarien**, bei denen die Datenhaltung und die Datenprozessierung über mehrere Rechner und/oder Organisationen gestreut ist, kein prinzipielles Problem darstellen.

Einen weiteren Diskussionspunkt stellt die Generierung von **Metadaten** aus den Diensten dar. Die von den Diensten gelieferten Daten sollten direkt den Zugriff auf beschreibende Metadaten ermöglichen. Sowohl die eingehenden Daten als auch die Verarbeitungsschritte müssen Informationen zum Produkt liefern. Aus diesen Metadaten-Textblöcken sind in einer parallelen Verarbeitungskette die Metadaten des Produktes zusammenzustellen. Es soll ersichtlich sein, welche Funktionen eine Prozesskette beinhaltet und aus welchen Teilprozessen diese bestehen. Hier treffen sich die Anforderungen von LKN und BAW.

### 2.1.5 Projektergebnisse: Zusammenfassung

Diskussionen mit Anwendern und Analysen im Rahmen der Pilotanwendungen haben klar ergeben, dass im Bereich der **durch INSPIRE verpflichteten öffentlichen Verwaltungen** und allgemein in **Behörden mit wiederkehrenden komplexen Berichtspflichten** dort, wo es um **Geodaten** geht, die **Dienste-Standards des OGC heute schon sehr große Bedeutung** besitzen und dass diese Bedeutung wahrscheinlich mittelfristig auch noch wachsen wird. Dies gilt auf allen Ebenen der föderalistischen Verwaltung und beschränkt sich nicht nur auf Deutschland, sondern ist ein **europäisches Phänomen**.

Man kann weiterhin davon ausgehen, dass die zunehmende Verfügbarkeit von Geodaten **auch in der Privatwirtschaft** zunehmende Kreativität hinsichtlich neuer ortsbasierter Dienstleistungen und innovativer raumbezogener Analyse- und Entscheidungsunterstützungssysteme freisetzen wird. Es spricht nichts dagegen, dass auch in einer solchen privaten Geodatendatenwirtschaft die etablierten Standards des OGC eine große Rolle spielen können.

Will man aber mit OGC Webdiensten (OWS) mehr tun, als „nur“ Daten- und Karten-Download und -Darstellung zu unterstützen, bewegt man sich **zwangsläufig in den Bereich der Web Processing**



**Services.** Diese erlauben es, einfache und zusammengesetzte Geodatenverarbeitungsfunktionen wiederverwendbar bereitzustellen und zu neuen Diensten zusammenzufassen.

Trotz all der bekannten Nutzenversprechungen einer „räumlichen SOA“ hat sich auch im Projekt und im Gespräch mit Praktikern immer wieder bestätigt, dass die konkrete Realisierung von WPS **erhebliche Hindernisse für die breite Nutzung** aufwirft. Diese sind teilweise bereits aus der allgemeinen Informatik bekannt und werden teilweise durch die räumliche Komponente bzw. den WPS-Ansatz noch erschwert. Wir fassen einige der wichtigsten *technologischen Gründe* zusammen:

- Die *Einfachheit* des Gesamtansatzes, die es gar Nicht-Informatikern voll autonom möglich machen würde, ausschließlich mit ihrem Domänenwissen komplexe verteilte Software-Anwendungen zu bauen, ist i.d.R. nicht gegeben.
- *WPS-Dialekte*: Die Nutzung von WPS / OWS führt nicht zwangsläufig zu Interoperabilität. Aktuell lassen sich mindestens über 40 seriöse WPS-toolsuiten finden. Ein Execute-Aufruf zwischen Client und Server unterschiedlicher Hersteller funktioniert im Normalfall nicht.
- *Kein generischer Client*: Auch schon ein einziger Client, der mit beliebigen WPS-Servern interagieren kann, für beliebige Prozesse eine vernünftige I/O-Schnittstelle bietet und die Ergebnisse sinnvoll darstellt, existiert nicht und ist in der gegenwärtigen Lage auch fachlich kaum möglich.
- *Semantische Dienstbeschreibung*: Es ist kaum möglich, komplexe fachliche Funktionalitäten ohne weitegehende Domänenstandardisierung so zu beschreiben, dass man für eine bestimmte Aufgabe die richtigen Implementierungen findet und diese nutzen kann.

Daneben gibt es natürlich auch *nicht-technologische Hemmnisse*. Es fällt zum Beispiel schwer zu glauben, dass aus reinem Altruismus im Netz beliebige Mengen hochgradig wertvoller und sauber implementierter WPS-Prozesse von vertrauenswürdigen Anbietern entstehen werden, die über sehr einfache GIS-Funktionen hinausgehen. Auch ist es schwer vorstellbar, dass gerade Behörden im Netz in beliebigem Ausmaß Ressourcen bereitstellen könnten und wollten (aus ökonomischen Gründen; aus juristischen Gründen; aus Sicherheitsgründen; ...), um Dritten die Möglichkeit zu geben, ihre WPS-Prozesse zu nutzen. Auch für die Nutzer kann es problematisch sein, bei einem wichtigen Prozess darauf angewiesen zu sein, dass ein externer Dienstanbieter eine gegebene Prozessqualität (fehlerfreie Implementierung, Verfügbarkeit von Ausführungsressourcen, ...) ohne verbindliche Absprachen so lange aufrechterhält wie es notwendig ist oder ggf. sogar aus bestimmten Anlässen neue Aufwände in seine Implementierung steckt, z.B. wenn neue Performanzanforderungen auftauchen. All diese nicht-technischen Aspekte sind nicht von der Hand zu weisen. Sie sind allerdings im Internet-der-Dinge und im Cloud Computing wohlbekannt und können durch Mechanismen wie Service Level Agreement bzw. können unter bestimmten Bedingungen hinfällig oder gelöst werden (z.B. in einem „teilweise abgeschlossenen“ Szenario, wie einer SOA aus Diensten, die innerhalb einer verteilten Behörde oder von kooperierenden Behörden auf der Basis gemeinsamer Absprachen angeboten werden). Infofern gehen wir davon aus, dass viele der nicht-technischen Probleme lösbar sind, *wenn dies gewünscht wird* – und dass es fruestens dann gewünscht wird, wenn die rein technischen Probleme soweit gelöst sind, dass man aus reinen Kosten-Nutzen-Erwägungen die



betrachteten Ansätze präferieren muss. Hinzu kommt dann die Notwendigkeit guter Beispiele („Leuchttürme“, „Best Practices“), die sowohl die Bewusstseinsbildung unterstützen als auch das „Kaltstartproblem“ dienstebasierter Landschaften abmildern können.

Insofern wurden in RichWPS zwar die nicht-technischen Aspekte gesammelt und untersucht. Im Wesentlichen wurden aber die technischen Probleme angegangen und mithilfe der zwei Pilotanwender versucht, erste beispielhafte Anwendungen zu erzeugen. Entlang der obigen Problemfelder lassen sich so auch viele der RichWPS-Projektergebnisse einordnen:

Einfachheit: Der **Orchestrierungsansatz** mithilfe des **ModelBuilders** und seiner unterstützenden Funktionalitäten (**SemanticProxy**, **Monitor- und Testschnittstelle**) und im Zusammenspiel mit den darauf abgestimmten Client- und Server-Komponenten erfüllt definitiv den Anspruch, deutlich einfacher als die meisten vorher verwendeten Orchestrierungsansätze zu sein. Die Pilotanwendungen bei BAW und LKN bestätigen dies.

Aber: diese Aussage gilt erst, wenn bereits für die Wiederverwendung zugeschnittene Teilprozesse existieren und mit den entsprechenden Metadaten publiziert wurden. Die Hoffnung, ein komplettes Szenario ohne Informatiker aufbauen zu können, ist sicher unangebracht. Allerdings ist es sehr gut vorstellbar, sich von einem Dienstleister dabei unterstützen zu lassen, solche Prozessbausteine zuzuschneiden, zu realisieren und zu publizieren.

WPS-Dialekte: Auch dieses Problem ist ernsthaft, weil es die Idee der verteilten Systeme *ad absurdum* führt. Es ist außerdem zu einem guten Teil in der WPS-Philosophie systemimmanent, weil der Standard u.E. dort gerade im Bereich der Datentypen bewusst underspezifiziert ist. Hier haben wir mit der **I/O-Adapterschicht** zumindest einen Weg aufgezeigt, um verschiedene WPS-Implementierungen miteinander reden zu lassen. Der Ansatz ist offen und flexibel erweiterbar. Darüber hinaus ist natürlich auch vorstellbar, dass oberhalb der Ebene der Datentypen auch hinsichtlich der Datenschemata in gewissen Domänen eine inhaltliche Standardisierung durch die Fachcommunity erfolgt, so wie dies beispielsweise im Bereich Messwerte im Rahmen des OGC Sensor Observation Service durch den Standard Observations&Measurements erfolgt, der beispielsweise im Bereich Hydrology durch WaterML noch weiter konkretisiert wurde.

Kein generischer Client: Dieses Problem ist nur begrenzt lösbar. Zumindest im Bereich der Ergebnisdarstellung sehen wir hier allerdings durch **WPS-PD** deutliche Verbesserungsmöglichkeiten. Beim Starten und Ausführen von Prozessen greifen wieder die Mechanismen der Adapterschicht. Prinzipiell kann man sich auch vorstellen, für die Eingabe von Prozessparametern ähnliche Spezifikationen wie mit WPS-PD für die Prozessergebnisse auszutauschen. Dann könnte ein Client spezifischer Eingabeschnittstellen für einen Prozess bauen.

Semantische Dienstebeschreibung: Wir gehen davon aus, dass die Nutzung von RDF als Repräsentationsformalismus für Metadaten von Prozessen im **SemanticProxy** eine mächtige Basis darstellt, um maschinenverarbeitbar Prozesssemantik spezifizieren zu können. Natürlich wären auch hier weiterführende Absprachen und Konvergenzbestrebungen nützlich. Viele Mechanismen hierzu



waren in WPS1.0.0 auch schon angelegt, wurden aber kaum genutzt; auch WPS2.0 fokussiert dieses Thema wieder mit dem Ansatz des Prozessprofils – der sehr mächtig ist, aber für den Praktiker vielleicht noch für zusätzliche Verwirrung sorgt? Auf jeden Fall hat man mit dem SemanticProxy ein sehr mächtiges Instrument, das mit den etablierten Techniken von Semantic Web und Linked Data zusammen funktioniert. In diesem Bereich sind sicherlich noch weitere praxisorientierte Forschungsarbeiten vonnöten.

Insgesamt lässt sich aber sagen, dass für alle genannten technischen Problemfelder durch RichWPS zumindest interessante **pragmatische Lösungsansätze** und **teilweise signifikante Verbesserungen** möglich sind. Dabei wird explizit *nicht* der Ansatz verfolgt, andere Toolsuiten zu verdrängen und „yet another WPS implementation“ zu liefern, sondern Techniken und Lösungsansätze anzubieten, die mit anderen Werkzeugen interoperabel sind bzw. von diesen auch übernommen werden könnten. So kann das gesamte Ökosystem der WPS-Werkzeuganbieter von den entwickelten Ansätzen profitieren, weil sich natürlich die gesamte Community gemeinsam nach vorn bewegen muss, um WPS „zum Durchbruch“ zu verhelfen. In diesem Sinne wurden außer den oben angeführten Komponenten zum Angehen der genannten Probleme noch diverse kleinere Module oder stand-alone betrachtbare Komponenten realisiert, wie der Mobil-Client oder die WFS-Datenbereitstellung aus Cadenza.

Auch die beiden **Pilotanwendungen bei BAW und LKN** haben hierzu beigetragen, weil jeweils **reale Anwendungsfragestellungen aus dem Operativbetrieb der beiden Behörden** untersucht und mit RichWPS-Methoden umgesetzt wurden, zur Identifikation von Problemen und Schwachpunkten, zur Validierung der Lösungen und zur Demonstration der Möglichkeiten. Auf dieser Basis konnte RichWPS auch eine Vielzahl von **Aktivitäten der Ergebnisverbreitung und Projektvernetzung** realisieren. Hier ist insbesondere der enge Kontakt in die WPS-Standardisierungscommunity zu nennen. So ist die **Nachhaltigkeit der Projektergebnisse** nicht nur über die kommerziellen Verwertungsschritte von Disy und über die weitere Nutzbarkeit der Open Source Komponenten gegeben, sondern auch durch die vertieften Kontakte innerhalb des Projektkonsortiums und zu Dritten im Projektkontext, die in Zukunft zu Folgeaktivitäten im FuE-Bereich führen können.

Insgesamt gehen wir davon aus, dass durch RichWPS nicht nur die WPS-Technologie einen Schritt vorangekommen ist, sondern auch die WPS-Community und die Praxis der WPS-Nutzung. Dies soll sich in den dem Projekt nachfolgenden Verwertungsaktivitäten noch verstärken.

### 2.1.6 Verwendung der Zuwendung und Zielerreichung

Die Zielerreichung ergibt sich zunächst **formal** aus der Fertigstellung aller geplanten Projektergebnisse (mit Modifikationen der Zeitplanung, die während des Projektverlaufs mit dem Projektträger abgestimmt wurden) und der Erreichung aller Meilensteine (auch hier mit Modifikationen in der Zeitplanung, die in Form der kostenneutralen Projektverlängerung um drei Monate mit dem Fördermittelgeber bzw. Projektträger abgestimmt wurde). **Inhaltlich** beziehen wir uns auf die Zielformulierung aus der Vorhabenbeschreibung der Antragstellung (siehe Tabelle 6).



Tabelle 6: RichWPS-Zielerreichung unter Bezugnahme auf Projektantrag

<p><i>„Es sollen Vorschläge für die Konkretisierung bzw. Erweiterung des WPS-Standards erarbeitet werden, die es erlauben, mächtigere Nutzungsszenarien zu realisieren („Rich WPS“). Diese sollen in der Praxis erprobt und mit den OGC-Gremien sowie der Geoinformatik Open-Source Community (FOSSGIS) diskutiert werden.“</i></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Die RichWPS Gesamtarchitektur wurde im Projektrahmen als funktionsfähig und praxistauglich bewertet. Sie geht über den Stand von Wissenschaft und Praxis im Bereich WPS bspw. hinaus in den Elementen ModelBuilder (Benutzerfreundlichkeit, Anbindung von Testfunktionalitäten), SemanticProxy (ausdrucksfähigeres Metadatenkonzept), Monitor (QoS-Aussagen), RichWPS-Server (WPS-PD fähig). Sie adressiert damit praxisrelevante Themen, die vom Stand der Wissenschaft bisher eher stiefmütterlich behandelt wurden.</li> <li>- Die WPS-Präsentationsdirektiven wurden weiterentwickelt, als Implementierung im RichWPS-Server einer breiteren Öffentlichkeit zugänglich gemacht und insgesamt einer breiteren Öffentlichkeit vorgestellt.</li> <li>- Die Praxiserprobung erfolgte durch die Pilotierungsarbeiten anhand realer Testprozesse aus zwei Testorganisationen und mit Fachanwendern, die keine vertieften IT-Kenntnisse besitzen.</li> <li>- Die Diskussion mit der OGC und der FOSSGIS Community erfolgten in bilateralen Treffen, bei Vorträgen anlässlich OGC TC/PC Meetings und bei Vorträgen in Workshops und Konferenzen. Es wurden nachhaltige Kontakte aufgebaut und die RichWPS-Themen in die entsprechenden Communities hineingetragen.</li> </ul>
<p><i>„Es soll eine Rich-WPS-Modellierungsumgebung ... entworfen und prototypisch realisiert werden, die es erfahrenen Fachanwendern (...) , ermöglicht, komplexe GDI-Auswertungen benutzerfreundlich aus existierenden Diensten zusammenzusetzen. (....)“</i></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Die RichWPS-Modellierungsumgebung wurde mit dem ModelBuilder und den angegliederten Komponenten SemanticProxy und RichWPS-Monitor in AP2 entworfen und prototypisch implementiert sowie in AP4 mit Fachanwendern getestet. Die technischen Ergebnisse wurden in den Projektergebnissen E2.1 bis E2.3 dokumentiert, die prototypische Nutzung in den Ergebnissen E4.2 und E4.3. belegt und der Code der entsprechenden Module als Open Source verfügbar gemacht.</li> </ul>
<p><i>„Es sollen innovative Client- und Server-Komponenten (...) prototypisch umgesetzt bzw. weiterentwickelt werden, die zur Ausführung und Demonstration des Rich-WPS-Szenarios geeignet sind.“</i></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Die wichtigsten Client- und Server-Komponenten, die im Projekt prototypisch realisiert wurden, um ein OWS-Dienste-Ökosystem zu bevölkern, sind der RichWPS-Server, die Adapterschicht für Datentypen verschiedener WPS-Implementierungen, der WFS-Datenexport aus Cadenza, die Optimierungen für mobile WPS-Clients, die client- und server-seitige Unterstützung von WPS-PD (alles AP3) sowie der anwendungsspezifische BAW-Client (AP4). Die Arbeiten sind in den Projektergebnissen E3.1 bis E.3.3 dokumentiert.</li> </ul>
<p><i>„Zur Anforderungserhebung, Bewertung der Prototypen und zur Demonstration von Best-Practices der Nutzung werden zwei konkrete Anwendungsfälle aus der öffentlichen Verwaltung modelliert und als prototypische Pilotanwendungen im Projekt implementiert. Um die Gebrauchstauglichkeit der entwickelten Nutzungskonzepte zu testen, sollen die Fachanwender der Pilotpartner weitestgehend selber mit den neu zu schaffenden Software-Komponenten ihre Anwendungsfälle realisieren. Außerdem sollen weitere WPS-Anwendungsfälle in der öffentlichen Verwaltung identifiziert werden.“</i></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bei BAW und LKN wurden insgesamt drei konkrete Anwendungsfälle aus dem operativen Geschäft der beiden Behörden mithilfe der RichWPS-Werkzeuge modelliert und abgearbeitet.</li> </ul>



Die Tests und Validierungen zeigten die prinzipielle Machbarkeit und Nützlichkeit der RichWPS-Ansätze. Sie sind in den Projektergebnissen E4.2 und E4.3 beschrieben. Im Bericht E4.1 und in den öffentlichen Workshops des Projekts (E5.1, E5.3) wurden weitere konkrete Anwendungsbeispiele gesammelt sowie grundsätzliche Charakteristika von geeigneten Anwendungsszenarien diskutiert.

Insgesamt lässt sich sagen, dass – wenn auch mit dreimonatiger Projektverlängerung – die **fachlich-technischen Entwicklungsziele des Projekts sehr gut erreicht** wurden und die **Pilotanwendungen** bei den beiden behördlichen Partnern **umfassende Erkenntnisse und positive Rückmeldungen** erzeugt haben. Nichtsdestoweniger konnten gegenüber dem Antragszeitpunkt auch negative bzw. ernüchternde Erkenntnisse gewonnen werden:

- Die beim Antragszeitpunkt gehegte Erwartung, innerhalb des Projekts eine Referenzimplementierung für die damals erwartete neue Version des WPS-Standards (WPS2.0) realisieren zu können, hat sich zerschlagen. Zum einen gingen die Weiterentwicklungen von WPS2.0 gegenüber WPS1.0 in ganz andere Richtungen als die technischen Entwicklungen in RichWPS und befassten sich überwiegend mit ganz anderen als den von uns identifizierten Schwachpunkten. Zum anderen war das gesamte Voranschreiten der Standardisierung so langsam, dass die bereits weit vor Projektstart allgemein erwartete Verabschiedung und Veröffentlichung von WPS2.0 tatsächlich erst gegen Projektende von RichWPS erfolgte (März 2015<sup>33</sup>).
- Hinsichtlich der wirtschaftlichen Verwertung war außerdem bei Projektantragstellung die Erwartungshaltung des Konsortiums die, dass das Aufgreifen von WPS-Ansätzen in der Verwaltungspraxis sich beschleunigen würde. Dies ist zum Projektende noch nicht deutlich erkennbar. Einige technische und nicht-technische Hemmnisse wurden im Zuge der Pilotierung bei BAW und LKN identifiziert (z.B. die Frage ungeklärter Leistungsverrechnung zwischen Behörden bei der Nutzung dezentraler Rechenkapazitäten, die allgemeine Trägheit großer IT-Landschaften (Entscheidungen über Tooling, Sicherheit, Freiheitsgrade für Fachanwender, ...) gegenüber neuen Ansätzen oder die Frage der Metadatenerzeugung für Ergebnisse von WPS-Prozessen). Andererseits machte DISY auch zur Projektlaufzeit kleine Fortschritte beim Vertrieb von WPS-Lösungen in der Verwaltung. Wir gehen weiterhin davon aus, dass die Projektergebnisse das Aufgreifen der WPS-Technologie (oder ähnlicher Ansätze) in der Praxis fördern – was auch durch die lebhafte Teilnahme und Diskussion beim öffentlichen Abschluss-Workshop bekräftigt wurde.

Trotzdem betrachten wir insgesamt die Ziele des KMU-innovativ Projekts RichWPS als **voll erreicht**. Die Verwendung der Zuwendung erfolgte ausschließlich der Vorhabenbeschreibung folgend zum Erreichen dieser Ziele und wurde primär zur Finanzierung des entsprechenden FuE-Personals eingesetzt. Weitere Details sind dem folgenden Kapitel zu entnehmen.

<sup>33</sup> <http://docs.opengeospatial.org/is/14-065/14-065.html>



## 2.2 Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Die Kosten des Gesamtprojekts wie auch die Gesamtkosten der Projektpartner bewegen sich alle im Rahmen der Vorkalkulationen aus der Antragstellung. Abweichungen nach unten oder oben bleiben jeweils innerhalb eines 5%-Bandes der projektierten Kosten. Natürlich bleiben die beantragten Gesamtzuwendungen innerhalb der Obergrenzen der Zuwendungsbescheide. Leichte Umverteilungen bei einzelnen Partnern zwischen Kostenkategorien bleiben in einem prozentual vernachlässigbaren Bereich gegenüber den Gesamtkosten. Überwiegend waren hier bei mehreren Partnern eine deutliche Unterbuchung der Reisekosten und eine leichte Überbuchung der Personalkosten zu verzeichnen. Die detaillierte Verwendung der Mittel ist den Verwendungsnachweisen der jeweiligen Partner zu entnehmen. Der zeitliche Kostenverlauf folgte im Wesentlichen der Planung aus der Antragstellung, wenn auch mit einer Verzögerung vom Start weg, die dann zur Notwendigkeit einer kostenneutralen Verlängerung um drei Monate führte. LKN und BAW haben bei der Umsetzung dieser Projektverlängerung für einige Arbeiten – teilweise nach Auslaufen der für das Projekt geschaffenen Stellen – in einem überschaubaren Ausmaß Aufwände aus eigenen Ressourcen aufgebracht, die dem Projektbudget nicht zur Last gelegt wurden. Wie in Abbildung 22 dargestellt, waren die Personalkosten (inklusive pauschalierten Gemeinkosten bei DISY und FH-Projektpauschale bei HS-OS) mit über 97% bei Weitem der wichtigste Kostenfaktor. Reisen machten etwa 2% der Kosten aus – Projekttreffen und bilaterale Arbeitstreffen wurden in den Zwischenberichten und Konsortialberichten bereits aufgeführt; Reisen zu Vorträgen u.ä., die der Projektvernetzung und Ergebnisverwertung dienten, lassen sich i.W. aus den Darstellungen in Kapitel 2.6 ableiten. Die Position „Abschreibungen auf vorhabenspezifische Abschreibungen“ bei DISY bezieht sich auf einen eigens für das Projekt angeschafften, leistungsfähigen Server und fällt mit ca. 4.800,- EUR etwas höher aus als in der Vorkalkulation, weil die Projektverlängerung auch eine drei Monate längere Nutzung des auf 3 Jahre abzuschreibenden Geräts bedingte. Die Position „Sonstige unmittelbare Vorhabenkosten“ liegt mit ca. 2.800,- EUR etwas unter dem beantragten Budget. Sie umfasst Verbrauchsmaterialien der HS-OS sowie Kosten für die Durchführung des öffentlichen Projektabschluss-Workshops.

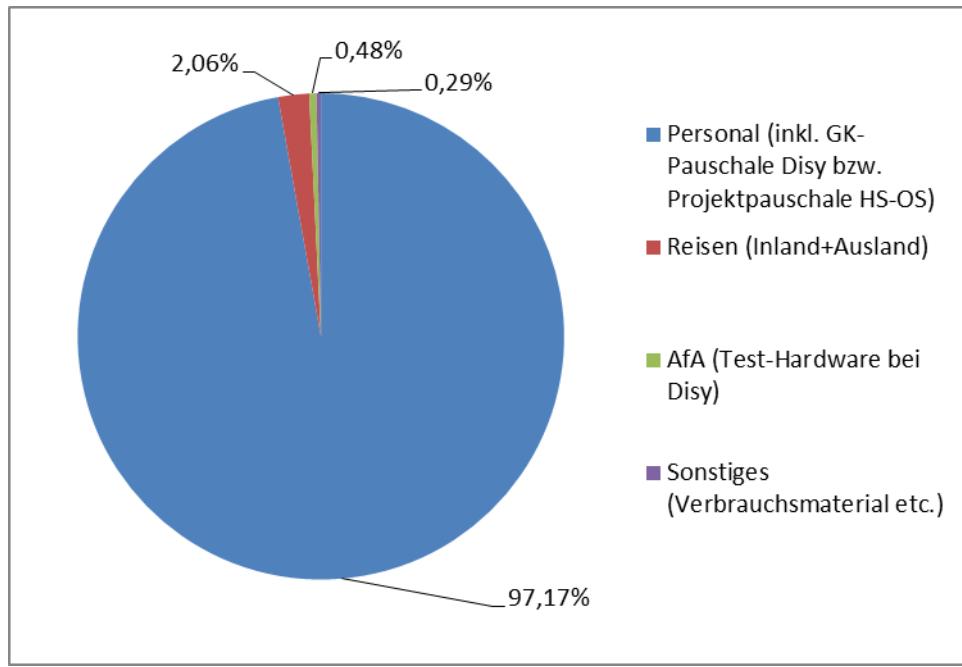


Abbildung 22: Verteilung der Projektgesamtkosten auf Kostenkategorien

## 2.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Zur Angemessenheit lässt sich sagen, dass die geleistete Arbeit in Inhalt und Aufwandsverteilung i.W. der genehmigten Vorhabenbeschreibung entsprach, mit Ausnahme der erforderlich gewordenen Projektverlängerung – die sich nicht aus fachlichen, sondern aus organisatorischen Ursachen (Prozess der Stellenbesetzung, innerbehördliche Abstimmungen) ergab. Die geplanten Arbeitspakete wurden abgearbeitet, die Projektergebnisse realisiert und dokumentiert und die Meilensteine erreicht.

Die Notwendigkeit der geleisteten Arbeit ergab sich primär aus den methodisch-technischen Herausforderungen, die im Rahmen des Projekts durch das Projektkonsortium gemeinsam zu lösen waren, sowohl hinsichtlich der Schwierigkeit und des damit verbundenen technischen Scheiternsrisikos als auch hinsichtlich der Aufwände, die mit der Problemlösung verbunden waren. Dies umfasst z.B. die neue, benutzerfreundliche Modellierungsmethodik, die durch innovative Module und Funktionalitäten wie SemanticProxy und RichWPS-Monitor unterstützt wird, den Orchestrierungsansatz auf Basis der speziell geschaffenen Domain Specific Language ROLA und der entsprechenden serverseitigen Orchestrierungsengine (in der akademischen Fachliteratur konkurrieren ja vielfältige Orchestrierungsansätze) oder auch die Pilotanwendungen bei BAW und LKN, deren Umsetzung mithilfe der RichWPS-Werkzeuge weit über den Stand der Praxis in der öffentlichen Verwaltung hinausgehen. Außerdem mussten die entwickelten Software-Prototypen, um überhaupt für eine realitätsnahe Pilotierung bei den Anwendungspartnern geeignet zu sein, ein für ein Forschungsvorhaben verhältnismäßig hohes Qualitätsniveau besitzen. Die Notwendigkeit des geförderten Verbundprojekts war auch dadurch gegeben, dass gerade die komplementären Kompetenzen und



synergetischen Arbeiten aller vier Projektpartner zur Zielerreichung essentiell waren. DISY als KMU allein hätte dies nicht leisten können und die HS-OS bzw. die Anwendungspartner BAW und LKN haben im Rahmen ihres öffentlichen Auftrags keine oder nur sehr begrenzte eigene Mittel für solche FuE-Aufgaben.

## 2.4 Voraussichtlicher Nutzen im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans

### 2.4.1 Technische und wirtschaftliche Erfolgsaussichten nach Projektende aus Disy-Sicht

Vorbemerkung: Als einziger KMU-Partner im KMU-innovativ Projekt RichWPS hat DISY sowohl die größten wirtschaftlichsten Verwertungsmöglichkeiten als auch die höchsten Verwertungserwartungen seitens der Fördermittelgeber. Deshalb fällt dieses Teilkapitel mit Abstand am längsten aus. Teile der Überlegungen sind für alle Partner mit Modifikationen übertragbar.

Wir unterscheiden die Verwertung der RichWPS-Gesamtlösung und von spezifischen Teilen, die sich gesondert verwerten lassen.

#### (A) „RichWPS-Komplettlösung“

Aus der Gesamtheit der technischen Lösungsbestandteile von RichWPS lässt sich mit überschaubarem Aufwand eine neue WPS-Toolsuite ableiten; in der Tat liegt diese zu Projektende bereits vor, jedoch auf prototypischem Niveau und mit identifizierten Schwachpunkten sowie noch nicht angegangenen Weiterentwicklungs punkten (wie z.B. komplexe Kontrollstrukturen für die ROLA, Erzeugung von ISO-kompatiblen Metadaten für Prozessierungsprodukte,...).

Diese Toolsuite zusammen mit dem Hintergrund- und Erfahrungswissen über ihre Nutzung kann ein integriertes Software-und-Beratungsangebot bilden, das sich an Organisationen richtet, die in einem komplexeren organisatorischen und technischen Kontext WPS als Basis verteilter Geodatenverarbeitung verwenden möchten bzw. das heute bereits tun, aber ähnliche Schwachpunkte identifiziert haben, wie sie in RichWPS adressiert wurden (Einfachheit der Benutzung, bessere Identifizierbarkeit wiederverwendbarer Module, einfache Zusammenstellung komplexer Verarbeitungsdienste aus primitiveren, bessere Ergebnisdarstellung auf der Oberfläche, höheres Maß an Interoperabilität zwischen WPS verschiedener Anbieter, ... - die Lösungsansätze hierzu stellen somit auch den Wettbewerbsvorteil von RichWPS gegenüber existierenden Lösungen dar). Der adressierte Markt stellt damit national und international zunächst primär die Menge derjenigen öffentlichen Verwaltungen dar, die in hohem Maß Geodaten verarbeiten und dabei verteilte Verarbeitungs-, Zugriffs-, Nutzungs- und Weitergabebedürfnisse haben, typischerweise Landes- oder Bundesbehörden mit vielen unterschiedlichen Standorten und Fachaufgaben. Umso mehr gilt dies für



Behörden, die der INSPIRE-Richtlinie unterliegen und damit faktisch auch schon klar auf OGC-Dienste festgelegt sind.<sup>34</sup>

Die Verwertung einer solchen Komplettlösung ist zunächst realistisch möglich für DISY und für HS-OS. Aus technischer Sicht lässt sich mit überschaubarem Aufwand innerhalb eines Jahres nach Projektende ein solches Produkt gestalten. Die Möglichkeit dazu ist prinzipiell auch anderen Akteuren als den Projektpartnern möglich, weil wesentliche RichWPS-Ergebnisse als Open Source produziert und damit auch anderen zugänglich gemacht wurden. Aus wirtschaftlicher Sicht ist seitens DISY zum Berichtszeitpunkt jedoch eine solche holistische Produktentwicklung aus dem Gesamtprojekt ergebnis aus verschiedenen Gründen nicht geplant: sie würde teilweise in Konkurrenz zu existierenden eigenen Produktteilen treten; sie würde in starke Konkurrenz zu existierenden etablierten Mitbewerbern treten; sie würde vom Kunden eine verhältnismäßig hohe Initialinvestition in eine evtl. als „revolutionär“ empfundene Umgestaltung der eigenen SOA-Landschaft abverlangen – was gerade in der öffentlichen Verwaltung nur selten zu erreichen ist – und niemals schnell. Insofern ist die Perspektive einer neuen WPS-Toolsuite aus RichWPS heraus technisch realistisch, aber wirtschaftlich zurzeit von den Konsortialpartnern nicht kurzfristig angestrebt. Obwohl DISY diese Option langfristig nicht aus den Augen verlieren möchte, erscheint es stattdessen aus wirtschaftlicher Sicht zielführender und auch für die gesamte Community der geodatenverarbeitenden KMU nützlicher, einzelne Methoden, Techniken und Module aus RichWPS in existierende Lösungen (DISY-Produkte, DISY-Kundenlösungen, Open Source WPS-Toolsuiten) zu integrieren und diese damit „evolutionär“ leistungsfähiger zu machen. Das macht die existierende Produktlandschaft in Gänze leistungsfähiger und erhöht insgesamt die Interoperabilität neuer und existierender Lösungen. Das erhöht in der Breite den Kundennutzen durch WPS-Verwendung und stärkt damit den gesamten Markt. Über diese „Globaleffekte“ hinaus wird durch die Projektteilnahme und die veröffentlichten Ergebnisse aber natürlich DISY als innovativer, vielseitiger und „anschlussfähiger“ Implementierungs-partner wahrgenommen, was einen Werbeeffekt darstellt.

Neben solchen subtilen erwarteten Effekten des RichWPS-Gesamtprojekts sind aber die bereits genannten Bausteine und Teillösungen von besonderem Interesse:

#### (B) Weiterentwicklung WPS-Präsentationsdirektiven

Im Projekt wurden die Präsentationsdirektiven als Best Practice zur Kommunikation zwischen WPS-Server und WPS-Client über die Darstellung von WPS-Berechnungsergebnissen auf der End-anwender-GUI weiterentwickelt und einer breiteren Öffentlichkeit bekanntgemacht.

DISY geht davon aus, die entsprechenden Funktionalitäten bis Mitte 2016 auch vollständig in seine Produkte integriert zu haben.

---

<sup>34</sup> Vgl. <http://www.opengeospatial.org/pressroom/marketreport/inspire>



### **(C) Zugriff auf Esri ArcGIS Geoprocessing-Services über REST-Schnittstelle**

Der GIS-Weltmarktführer Esri erlaubt den Zugriff auf Geodatenverarbeitungsdienste in seinem Produkt ArcGIS Server entsprechend WPS1.0.0 Spezifikation über SOAP, aber auch über eine eigene REST-Schnittstelle. In RichWPS wurde im Rahmen der Gestaltung der Adapterschicht für WPS-Dialekte und unterschiedliche Datenformate untersucht, wie man mit der ArcGIS Server REST-Schnittstelle am besten in komplexen WPS-Szenarien interagiert.

DISY hat schon zur RichWPS-Projektlaufzeit die entsprechenden Erfahrungen und Ergebnisse in die Produktgestaltung übernommen und die Möglichkeiten zur Nutzung von ArcGIS-Prozessen als WPS-Dienste in seiner Produktversion Cadenza 2015 bereits deutlich ausgebaut.

### **(D) Einbindung eines WFS-Layers in WebGIS-Clients**

Im AP3 wurde zur Darstellung von WFS-Layers als Berechnungsergebnis prototypisch der Cadenza Web-Client um die Möglichkeit zur Einbindung eines WFS-Layers realisiert.

Die Überführung ins Produkt Cadenza Web ist zeitnah nach Projektende möglich, wenn die Funktionalität von Kunden gefordert wird.

### **(D) Veröffentlichung von WFS Feature Types aus Cadenza**

Im AP3 wurde zur Datenbereitstellung in OWS-Landschaften prototypisch die Möglichkeit realisiert, Vektorlayer, Selektor-Ergebnisse und tabellarische Weiterverarbeitungsergebnisse des Produkts Cadenza als WFS Feature Types über den Cadenza WFS-Server zu veröffentlichen (und damit in WPS als Datenquelle nutzen zu können).

Die Überführung ins Produkt Cadenza Professional ist zeitnah nach Projektende möglich, wenn die Funktionalität von Kunden gefordert wird.

### **(E) Adapterschicht für WPS-Dialekte**

In AP3 wurde eine Adapterschicht zum Umgang mit verschiedenen WPS-Dialekten und insbesondere verschiedenen unterstützten Datentypen prototypisch realisiert, um die Interoperabilität zwischen unterschiedlichen WPS-Toolsuiten zu erhöhen.

Wenn erforderlich, können die entwickelte Methodik und Architektur genutzt werden, um die Lösung von Interoperabilitätsproblemen im Rahmen der Weiterentwicklung der Cadenza Produktfamilie zu vereinfachen.

### **(F) Mobiler RichWPS-Client**

Es wurde ein mobiler Client entwickelt, der Lösungsansätze für die Problematik inhomogener und instabiler Netzverbindungen erprobt hat.



Teile dieser Ansätze könnten mittelfristig in Weiterentwicklungen des Produkts Cadenza Mobile einfließen.

### (G) Legato-Umstellung auf OpenLayers 3

Im Zuge der Untersuchung von WPS-Clienttechnologien wurde anhand des Open Source Web Map Clients Legato auch eruiert, inwiefern eine Umstellung auf die neue Version OpenLayers 3 sinnvoll und wie sie am effizientesten machbar sei.

Die erworbenen Technologiekenntnisse bzw. Architekturentwürfe können in die Weiterentwicklungen des Produkts Cadenza Mobile Eingang finden.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass auch im Falle, dass aus der RichWPS-Gesamtlösung (A) durch DISY kurzfristig keine marktgängige Lösung entwickelt werden sollte, die Vielzahl konkreter Verbesserungspunkte der DISY Produktlandschaft (B) – (G) im Bereich dienstebasierter Lösungen für die Cadenza Produktfamilie einen erheblichen Technologiefortschritt ermöglicht, die Funktionalität signifikant verbessern kann und damit das Anwendungsspektrum dieses vielfältigen Integrations- und Middleware-Werkzeugs deutlich erweitern kann. Dies, zusammen mit den Werbe- und Markt vorbereitungseffekten, die unter (A) angedeutet wurden, lässt uns hinsichtlich der wirtschaftlichen Erfolgsaussichten erwarten, dass innerhalb zweier Jahre nach Projektabschluss – auch aufgrund dieser Entwicklungen – mindestens zwei neue Kooperationspartner zur Bund-Länder-Verwaltungs kooperation beitreten, welche die DISY-Kernentwicklung im Rahmen einer Public-Private Partnership mitträgt. Weiterhin geht DISY davon aus, dass durch das tiefergehende Problemverständnis und die gewachsene Kundenbindung zu den beiden Anwendungspartnern im Projekt, weiterhin ein jährlicher Gesamtumsatz mit diesen Partnern im sechsstelligen Bereich möglich ist. Ein nicht zu quantifizierender wirtschaftlicher Nutzeneffekt, der für DISY als kleines Unternehmen in einer sehr aktiven IT-Region in Zeiten des Fachkräftemangels aber sehr relevant ist, ist die Tatsache, dass durch studentische Abschlussarbeiten im Rahmen der RichWPS-Themen drei exzellente Mitarbeiter gefunden werden konnten, die inzwischen als Vollzeitkräfte bei DISY angestellt sind.

#### 2.4.2 **Technische und wirtschaftliche Erfolgsaussichten nach Projektende aus Sicht der Hochschule Osnabrück**

Gleichermaßen technische wie wirtschaftliche Erfolgsaussichten aus Sicht der HS-OS betreffen die Weiterverwendung der in RichWPS erstellten Software zum Einsatz in weiteren Forschungsprojekten. Recherchen zeigen bis zum Schluss, dass keine lauffähigen WPS-Implementierungen mit Transaktionalität (WPS-T) existieren, gleiches gilt für Ansätze, in denen WPS die Rolle als Orchestrations engine und als Basisdienst einnimmt. Insofern gilt es als Erfolgsmetrik für die Projektergebnisse, (i) ob andere Forscher oder Praktiker die Projektergebnisse aufgreifen und (ii) auf dieser Basis ggf. in Kooperation mit HS-OS Folgeforschungsanträge schreiben. Darüber hinaus liegt die wirtschaftliche Verwertung nicht im Auftrag der Hochschule; gleichwohl zeigen die Projektergebnisse die Kompetenz



und Innovationskraft im Bereich der verteilten Systeme und der Geodatenverarbeitung und können Werbeeffekte für die Einwerbung von Aufträgen zur Beratung oder Auftragsforschung für die Industrie besitzen. Schließlich besitzen attraktive, praxisorientierte FuE-Projekte wie RichWPS mit den damit verbundenen Möglichkeiten wie Hiwi-Verträgen, Teilzeit-Mitarbeiterverträgen, innovativen und praxisbezogenen Abschlussarbeitsthemen im komplexen Projektverbund natürlich auch eine Werbewirkung für die Hochschule, die Fakultät und den Studiengang gegenüber potenziellen Studierenden.

#### **2.4.3 Technische und wirtschaftliche Erfolgsaussichten nach Projektende aus Sicht der BAW**

Angestoßen durch die INSPIRE Richtlinie der EU wurden in RichWPS bei der BAW dienstebasierte Workflows für Geodaten realisiert, deren Ergebnis wiederum als Dienst bereitsteht. Die durchgeführten Pilotierungsarbeiten fügen sich methodisch und technologisch gut in die umgebende Projekt- und Werkzeuglandschaft ein. Solche Anwendungen werden für anstehende Routine-Aufgaben in der Beweissicherung und bei weiteren Berichtspflichten eine wichtige Rolle zur Entlastung der Sachbearbeiter spielen. Die entwickelten Methoden und Prototypen besitzen das technische Potenzial, zumindest teilweise in den Produktivbetrieb überführt zu werden.

Es werden einerseits Möglichkeiten zur BAW-internen Nutzung gesehen, nämlich beim Datenmanagement von Simulationsdaten verbunden mit standardisierten Visualisierungs- und Analyse-Diensten zum Preview von archivierten Datensätzen.

Andererseits gibt es Möglichkeiten zur externen Nutzung auf den Portalen von BAW und MDI-DE, für Aufgaben wie (i) die Online Reproduktion von Graphiken in Gutachten oder (ii) die Publikation vordefinierter Sichten auf ausgewählte Simulationsdaten.

Darüber hinaus können die RichWPS-Demonstratoren und ihre (bereits erfolgte und auch weiterhin geplante) Präsentation an die relevanten, mit der BAW kooperierenden Fach-Communities (z.B. die Partner der MDI-DE Kooperation) langfristig eine größere Verbreitung der Diensteorientierung bei der Gestaltung von IKT-Infrastrukturen in der Verwaltung stimulieren.

#### **2.4.4 Technische und wirtschaftliche Erfolgsaussichten nach Projektende aus Sicht des LKN**

Ähnlich wie die BAW, hat auch LKN im Rahmen der Pilotierung ein Anwendungsszenario realisiert, was aus dem Tagesgeschäft entnommen wurde (Makrophytenbewertung im Rahmen der Berichtspflichten für WRRL, MSRL). RichWPS hat einen Ansatzpunkt geschaffen, von dem sich die dienstebasierte Technologie in die Arbeitsprozesse der Verwaltung flexibel einführen lässt. Der Prototyp zeigt auf, wie sich Hemmnisse bei der Einführung der dienste-basierten Datenverarbeitung überwinden lassen. Es wurde deutlich, dass geschützte Netzstrukturen Hindernisse bei der Implementierung der Verfahren bilden können. Im Rahmen des Projektes wurde schließlich eine Lösung



für diese Kommunikationsumgebung gefunden. Wir gehen davon aus, dass die entwickelte Lösung zeitnah in den Operativbetrieb bei LKN zur Datenbereitstellung für die MDI-DE überführt werden kann. Außerdem wurden weitere Anwendungsfelder für die diensteorientierte Realisierung bereits identifiziert. Ihre tatsächliche Umsetzung hängt von der Verfügbarkeit entsprechender Budgets und von der Durchschlagskraft der Idee der Diensteorientierung in der Verwaltung ab.

#### **2.4.5 Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit aus Disy-Sicht**

In Ergänzung der Fragestellungen, die bei HS-OS, BAW und LKN als mögliche bzw. notwendige Anschlussfragestellungen für FuE-Projekte bereits genannt wurden (insbesondere Metadatenerzeugung für dynamische WPS-Prozessprodukte, Erweiterung der ROLA, semantisches Matchmaking für Diensteketten in realistischen Szenarien der Geodatenverarbeitung), sieht DISY für eine intensive Nutzung von WPS in der Praxis als wesentliches Hemmnis immer noch die „vorsätzliche Unterspezifiziertheit“ des Standards hinsichtlich Datentypen und Datenmodellen. Dennoch erscheint eine weiter- und tiefergehende Anwendung des Dienste-Paradigmas immer noch wünschenswert und vielversprechend angesichts immer weitergehender Verwaltungsvernetzung auf der einen Seite und Nutzung von Cloud-Technologien u.ä. auf der anderen Seite. Gerade die häufig sehr großen Datenvolumina bei Geodaten machen ein „Rechnen beim Dateninhaber“ sinnvoller als einen Datentransfer zum Anfragenden. Dies gilt bei Nutzungsszenarien mit ressourcenlimitierten mobilen Endgeräten in noch viel größerem Ausmaß. Für die weitere Verbreitung des verteilten Geodatenprozessierens in der Verwaltung sind allerdings außer Technologieentwicklungen auch noch mehr Erfahrungen als die in RichWPS bereits erzielten notwendig, gerade hinsichtlich pragmatischer Themen, wie z.B. welches Ausmaß an Prozesswiederverwendung überhaupt realistisch ist, welches Maß an Ressourcenbereitstellung für Dritte überhaupt realistisch ist, usw.

Als Seitenaspekt der Anschlussfähigkeit sei bemerkt, dass durch die Aktivitäten im RichWPS-Projekt die Sichtbarkeit von DISY (wie auch von HS-OS) innerhalb der deutschsprachigen OGC Standardisierungs-Community wieder deutlich erhöht und verschiedene neue Kontakte zu relevanten Akteuren in der WPS-Forschung geknüpft wurden. Dies kann für weitere wirtschaftliche und wissenschaftliche Aktivitäten in diesem Bereich durchaus wertvoll sein.

#### **2.4.6 Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit aus Sicht der Hochschule Osnabrück**

Als Ergänzung gegenüber dem Antragszeitpunkt ist die Bereitstellung, Generierung und / oder Transformation von Metainformationen eines orchestrierten RichWPS sowie der eingebundenen lokalen und verteilten Prozesse zu nennen. Dieser Punkt ist sehr komplex und kann im Rahmen des Projektes nicht umfassend bearbeitet werden. Im Laufe des Projektes hat sich herausgestellt, dass dieser Aspekt speziell für Behörden von großer Wichtigkeit ist und einer zusätzlichen Bearbeitung in einem F+E-Projekt bedarf.



Die Definition der neuen textuellen domänenspezifischen Sprache zur Orchestrierung von Web Processing Services (ROLA) konnte in diesem Projekt nur prototypisch erfolgen. Eine Erweiterung um zusätzliche Notationselemente, speziell zur Beschreibung komplexer Kontroll- und Ressourcenflüsse erscheint angebracht. Dies zieht notwendige Anpassungen an der server-seitig bereitzustellenden Orchestratingsengine nach sich.

Es wurde begonnen, die (semi-) automatische, dynamische Anpassung komplexer, orchestrierter Prozesse eines RichWPS zu untersuchen. Die Realisierung hat verschiedenste Auswirkungen auf die Komponenten der Orchestrierungsumgebung. Zunächst einmal müssen Quality of Service (QoS) Informationen erhoben werden, auf deren Grundlage WPS-Prozesse gegeneinander abgewogen werden können. Gleichzeitig müssen funktional austauschbare Prozesse identifiziert werden, dazu ist ein sogenanntes semantisches Matchmaking erforderlich, welches wiederum voraussetzt, dass vorhandene Prozesse mit semantischen Informationen beschrieben sind und auf diese Informationen zugegriffen werden kann. Des Weiteren werden Algorithmen benötigt, die die QoS-Informationen auswerten und den „passendsten“ Prozess identifizieren. Schließlich muss der „RichWPS-Server“ angepasst werden, der während der Ausführung die genannten Mittel einsetzt, um für die Prozesse in der aktuellen Ablaufbeschreibung geeignete Alternativen zu finden.

Die Realisierung eines Matchmakings mittels semantischer Information ist dabei die größte Herausforderung und stellt denjenigen Teil der Aufgabe dar, der nicht mehr im Projekt bearbeitet werden kann. Das Thema wurde jedoch weitestmöglich vorbereitet. Es bietet sich an, dieses in weiteren FuE-Projekten zu verfolgen.

#### **2.4.1 Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit aus Sicht der BAW**

Zur Qualitätssicherung von in WPS-Prozessen dynamisch erzeugten Datenprodukten sind Metadaten zwingend erforderlich, mit denen die verwendeten Eingangsdaten und der durchlaufene Verarbeitungsprozess beschrieben werden. Daher müssen die mit RichWPS erzeugten Dienste-Produkte um eine dynamische Dokumentationskomponente erweitert werden. Diese muss die bereits bei den Eingangsdaten und den angewandten Diensten vorhandenen Metadaten bei der Erzeugung der Metadaten für das neue Produkt verwenden.

#### **2.4.2 Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit aus Sicht des LKN**

Im Projekt RichWPS wurden Anforderungen aufgegriffen, die sich induziert durch INSPIRE inzwischen europaweit entwickelt haben: Geoinformationen sind als Dienste bereitzustellen. Daten aus Diensten mittels eines Verarbeitungsdienstes wieder in Form eines Dienstes bereitzustellen, war ein Ausgangspunkt für das RichWPS Vorhaben.

Geodaten und Dienste sind heute zwingend mit standardisierten Metadaten zu verbinden. Während RichWPS die dynamische Erzeugung von Datenprodukten aus Diensten und die Bereitstellung des Datenproduktes als Dienst ermöglicht, wird die Kette der benötigten und für die Datennutzung



entscheidenden dokumentarischen Information abgebrochen. Da das neue Datenprodukt mittels WPS erst im Augenblick des Aufrufes prozessiert wird, kann es für die Bereitstellung der Metadaten keine statische Lösung geben.

Andererseits stehen Metadaten für die Eingangsdaten bereit und die Eigenschaften der Verarbeitung werden im Rahmen der Definition des WPS mittels des RichWPS ModelBuilders festgelegt. Die Grundlagen, die Metadaten für das Datenprodukt zu generieren, sind in der Umgebung von RichWPS vorhanden. Die Einbettung der RichWPS – Verarbeitungskette in eine Umgebung, die zusätzlich die Metadaten mitführt, ist eine wichtige Aufgabe, um eine nachhaltige Nutzung und Verwendung der dienstbasierten Verarbeitung sicherzustellen.

## **2.5 Während der Durchführung bekannt gewordener Fortschritt auf dem Vorhabengebiet bei anderen Stellen**

Zur Projektlaufzeit wurden die Arbeiten an der Version WPS 2.0 des WPS-Standards zwar kontinuierlich fortgesetzt und auch Anfang 2015 abgeschlossen. Dadurch haben sich aber u.E. keine signifikanten Änderungen oder Verbesserungen an den mit dem RichWPS-Projekt angegangenen Problemfeldern ergeben.



## 2.6 Erfolgte und geplante Veröffentlichungen der Projektergebnisse

### 2.6.1 Veröffentlichungen und Vorträge

- Juli 2013: RIEGER, A., KOHLUS, J. & K.-P. TRAUB (2013): **Automatisiertes webbasiertes Verfahren zur ökologischen Bewertung von Makrophyten im Schleswig-Holsteinischen Wattenmeer.** In: Traub, K.-P., Kohlus, J. & T. Lüllwith (Hrsg.): Geoinformationen für die Küstenzone. Band 4.
- September 2013: ABECKER, A., HEIDMANN, C., HOFMANN, C. & W. KAZAKOS (2013): **Towards a Middleware for Data Management in Support of Open Government Data.** In: B. Page, A.G. Fleischer, J. Göbel, V. Wohlgemuth (Hrsg.): EnviroInfo 2013- Environmental Informatics and Renewable Energies, 27th International Conference on Informatics for Environmental Protection, Hamburg, September 2013, Shaker-Verlag.
- Januar 2014: KOHLUS, J. & R. ROOSMANN (2014): **Online-Bewertungsverfahren mit INSPIRE-Techniken? RichWPS - Enriching the Web Processing Service.** Vortrag beim „Arbeitskreis Umweltinformationssysteme in der Umweltverwaltung Schleswig-Holstein“, Husum, Januar 2014.
- März 2014: BENSMANN, F., ALCACER-LABRADOR, D., ZIEGENHAGEN, D. & R. ROOSMANN (2014): **The RichWPS Environment for Orchestration.** ISPRS Int. J. Geo-Information 3(4): 1334-1351 (2014)
- April 2014: KOHLUS, J. (2014): **Automatisierte Bewertung von Seegraswiesen im Wattenmeer? Ein Forschungsvorhaben im Kontext von INSPIRE.** Posterbeitrag zur 32. Jahrestagung des Arbeitskreises „Geographie der Meere und Küsten“ (AMK), Wilhelmshaven 2014.
- April 2014: WOSNIOK, C., BENSMANN, F., WÖSSNER, R., KOHLUS, J., ROOSMANN, R., HEIDMANN, C. & R. LEHFELDT (2014): **Enriching the Web Processing Service.** Geophysical Research Abstracts, Vol. 16, EGU2014-13365-2, 2014, Vortrag bei der EGU General Assembly, Wien, April 2014.
- Mai 2014: BENSMANN, F., ROOSMANN, R. & J. KOHLUS (2014): **Aus Klein mach Groß: Komposition von OGC Web Services mit dem RichWPS ModelBuilder.** Vortrag beim 21. Workshop des GI-Arbeitskreises Umweltinformationssysteme - UIS 2014, Hochschule Karlsruhe - Technik und Wirtschaft (HsKA). In: F. HOSENFELD & G. KNETSCH (Hrsg.): Umweltinformationssysteme: Big Data – Open Data – Data Variety, UBA-Text 58/2015, Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.
- Mai 2014: WÖSSNER, R., ABECKER, A., BENSMANN, F., ALCACER-LABRADOR, D. & R. ROOSMANN (2014): **Aus Groß mach Klein: Verarbeitung orchestrierter OGC Web Services mit RichWPS Server und Client Komponenten.** Vortrag beim Workshop AK-UIS, Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft, Mai 2014. In: F. HOSENFELD & G. KNETSCH (Hrsg.): Umweltinformationssysteme: Big Data – Open Data – Data Variety, UBA-Text 58/2015, Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.
- Juni 2014: BENSMANN, F. (2014): **RichWPS - A Geospatial Orchestration Environment.** Vortrag beim OGC TC Meeting, Genf, Juni 2014.
- Juli 2014: ALCACER-LABRADOR, D., BENSMANN, F. & R. ROOSMANN (2014): **Web Processing Service (WPS) Orchestration – A Practical Approach.** In FOSS4G-Europe 2014, Bremen, Juli 2014. Präsentation und Veröffentlichung eines Artikels auf der Webseite der FOSS4G.



- September 2014: BENSMANN, F., ALCACER-LABRADOR, D., ZIEGENHAGEN, D. & R. ROOSMANN (2014): **The RichWPS Environment for Orchestration.** Vortrag beim OGC Technical and Planning Committee Meeting, Calgary Canada, September 2014.
- September 2014: ZIEGENHAGEN, D., KOHLUS, J. & R. ROOSMANN: **Orchestration of Geospatial Processes with RichWPS - a practical Demonstration.** In: J. MARX GÓMEZ ET AL.: 28th International Conference on Informatics for Environmental Protection: ICT for Energy Efficiency, EnviroInfo 2014, Oldenburg. BIS-Verlag. S. 525-532.
- Oktober 2014: BENSMANN, F., ROOSMANN, R., WÖSSNER, R., ABECKER, A. & C. HEIDMANN (2014): **RichWPS Orchestration Environment for Geo Services.** In R. Lehfeldt & R. Kopmann (Hrsg.): 11th International Conference on Hydroscience & Engineering, Hamburg, Conference Proceedings, ISBN 978-3-939230-32-8, S. 1077-1084.
- März 2015: KOMPTER, E., KOHLUS, J., WÖSSNER, R. & A. RIEGER (2015): **Automatisierte Bewertung von Makrophyten im Wattenmeer? Ein Forschungsvorhaben im Kontext von INSPIRE.** In: Tillmann, T. (Hrsg.): Aktuelle Küstenforschung an der Nordsee, Coastline Reports 25 (2015), ISBN: 978-3-939206-18-7, S. 75-86.

### 2.6.2 Abschlussarbeiten

- ROMAN WÖSSNER: **Untersuchungen zur praktischen Nutzbarkeit des OGC Web Processing Service Standards**, Master Thesis, Hochschule Karlsruhe Technik und Wirtschaft, August 2013.
- JOHANNES FALTIN: **Entwurf und Implementierung einer Web-basierten Test- und Performance-Schnittstelle zur Optimierung von Prozessmodellen auf Basis des Web Processing Service Standards**, Bachelor Thesis, Hochschule Karlsruhe Technik und Wirtschaft, Januar 2015.
- SEBASTIAN BARTH: **Konzeption und Implementierung eines mobilen Clients für RichWPS-Server**, Master Thesis, Hochschule Karlsruhe Technik und Wirtschaft, Januar 2015.
- FELIX SCHOLTYSEK: **Generalisierung eines integrierten WPS-Clients hin zu einer größeren Interoperabilität mit verschiedenen Serverkomponenten zur Geoprozessierung**, Master Thesis, Hochschule Karlsruhe Technik und Wirtschaft, April 2015.

### 2.6.3 Weitere Projektvorstellungen, insbesondere im Hinblick auf Standardisierung

Das Konsortium beteiligt sich an der Vorbereitung und Durchführung zweier **Veranstaltungen** mit RichWPS-Bezug im Jahr 2014:

- Mitarbeit bei der Vorbereitung und Durchführung des jährlichen Workshops des GI-Arbeitskreises „Umweltinformationssysteme“ im Mai 2014 in Karlsruhe
- Mitarbeit bei der Vorbereitung und Durchführung der 11th International Conference on Hydroscience & Engineering im September/Oktober 2014 in Hamburg



Die Kontakte zur **Standardisierungscommunity** wurden insbesondere durch HS-OS aufgebaut und gepflegt:

- September 2013: Besuch des OGC-TC-Meetings in Frascati/Italien durch HS-OS, insbesondere Kontaktaufnahme mit der WPS 2.0 Standards Working Group (SWG)
- November 2013: Treffen von HS-OS mit Vertretern der Firma 52° North. Herr Benjamin Proß von 52°North ist Mitarbeiter von 52°North und Leiter der OGC SWG WPS2.0. Möglichkeiten zur Integration der RichWPS-Konzepte in den OGC-Standard wurden besprochen.
- Mai 2014: Nachdem die ersten Projektkonzepte und -ergebnisse eine gewisse Reife besaßen, konnte auch die Kooperation mit dem Standardisierungsverband OGC intensiviert werden, insbesondere durch HS-OS. Im Mai 2014 fand ein zweites Treffen mit Vertretern der Firma 52° North statt, insbesondere mit Herr Benjamin Proß, dem Leiter der OGC SWG WPS2.0.
- Juni 2014: Im Juni 2014 wurde das Projekt im Vortrag „RichWPS - A Geospatial Orchestration Environment“ beim OGC TC Meeting in Genf vorgestellt.
- September 2014: Vortrag beim OGC Technical and Planning Committee Meeting, Calgary Canada, September 2014

Um die Sichtbarkeit des Projekts bei potenziellen Anwendern zu erhöhen, stellte sich RichWPS in verschiedenen **Netzwerken und Arbeitskreisen** vor:

- Januar 2014: Die Projektinhalte wurden durch HS-OS und LKN beim „Arbeitskreis Umweltinformationssysteme“ Schleswig-Holstein präsentiert.
- Februar 2014: Im Rahmen des DISY-Werkstattgesprächs, einer Veranstaltung für die DISY-Schlüsselkunden mit etwa 50 Teilnehmern aus der öffentlichen Verwaltung aus ganz Deutschland, wurden unter anderem auch RichWPS-Inhalte diskutiert.
- Mai 2014: Der erste öffentliche RichWPS-Workshop wurde als halbtägiger Teil des Workshops des GI-Arbeitskreises „Umweltinformationssysteme“ an der Hochschule Karlsruhe durchgeführt und hatte etwa 25 Teilnehmer von der Seite der Anwender, der Wirtschaft und aus Forschung und Lehre. Im Rahmen des Workshops wurden die RichWPS-Projektinhalte in zwei Vorträgen vorgestellt sowie eine Diskussion zu kritischen Erfolgsfaktoren und möglichen Zukunftsrichtungen von WPS durchgeführt. Außerdem wurden auch Ergebnisse anderer WPS-basierter Projekte präsentiert.

Als weitere Maßnahmen der **Ergebnisverbreitung** sind zu nennen:

- Die Vorstellung des Projekts mit einem Poster bei der Fachtagung KMU-innovativ im November 2014 in Berlin.
- Verschiedene Mailings und eine Pressemitteilung zum Abschluss-Workshop, die sehr große Verbreitung erfahren haben.
- Die Erstellung einer Projekt-Webseite bei GITHUB.<sup>35</sup>

---

<sup>35</sup> <https://richwps.github.io/>



## Eine Software-Umgebung für Fachanwender zur effizienteren Nutzung von Geodaten mit OGC® Web Processing Services

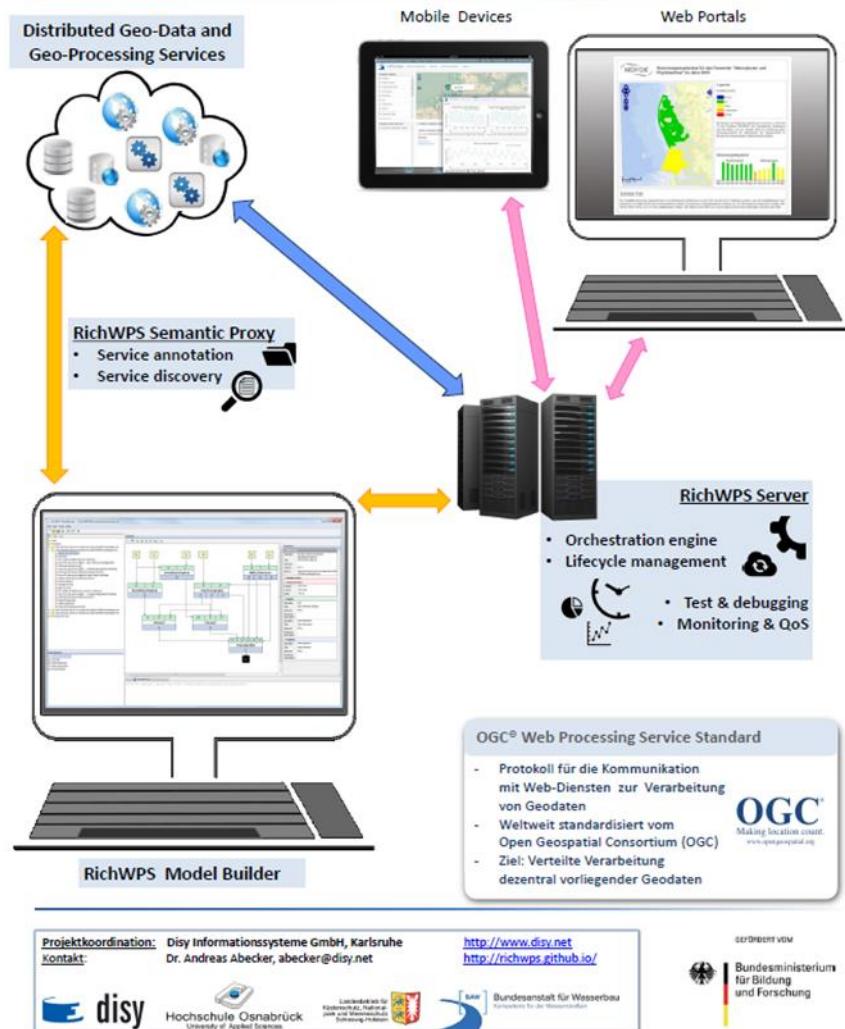


Abbildung 23: Poster zur Fachtagung KMU-innovativ 2014 in Berlin



Abbildung 24: Impressionen vom WPS-Workshop im Rahmen des AK-UIS Workshops 2014

#### 2.6.4 Öffentlicher Abschluss-Workshop

Ende Februar 2015 fand in Karlsruhe-Durlach der öffentliche Abschluss-Workshop von RichWPS statt. Etwa 25 Teilnehmer, vorwiegend aus der öffentlichen Verwaltung in ganz Deutschland, besuchten die Veranstaltung und diskutierten mit dem Projektteam angeregt die RichWPS-Ergebnisse sowie die Chancen von WPS in der praktischen Nutzung allgemein. Die Folien zur Veranstaltung sind im Internet allgemein zugänglich.<sup>36</sup>

---

<sup>36</sup> <http://www.disy.net/aktuelles/presse/presseartikel/artikel/2950.html>



Abbildung 25: Impressionen vom öffentlichen Abschluss-Workshop im Februar 2015

Workshop „OGC Web Processing Services“	Inhalt	Programm
 <p><b>Einladung zum Workshop</b> OGC Web Processing Services 26.02.2015   14:30 – 17:30 Uhr   Karlsruhe</p> <p>Lernen Sie den OGC Standard WPS effizient für Ihre Verwaltungspraxis zu nutzen</p> <p><b>disy</b></p>	<p><b>Inhalt</b></p> <p>Der Standard Web Processing Services (WPS) des Open Geospatial Consortium (OGC) regelt, wie im Web verteilte Verarbeitungsdienste für Geodaten kommunizieren können, um auf entfernte Daten oder Dienste zugreifen bzw. diese zu mächtigeren Funktionalitäten zusammenzuschalten zu können.</p> <p>Im Rahmen des KMU-innovativ Forschungsprojekts „RichWPS – Eine Software-Umgebung für Fachanwender zur effizienteren Nutzung von Geodaten mit Web Processing Services“ hat Disy zusammen mit der Hochschule Osnabrück, dem Bundesanstalt für Wasserbau (BAW), Hamburg und dem Landesbetrieb für Küstenschutz, Nationalpark und Meeresschutz Schleswig Holstein (LKN SH) Methoden und Werkzeuge entwickelt, um WPS besser nutzen zu können.</p> <p>In diesem Workshop präsentiert Ihnen das Projektteam Grundlagen, Projektergebnisse und Anwendungsbeispiele aus der Verwaltungspraxis.</p> <p>Weitere Informationen zu RichWPS finden Sie hier: <a href="http://richwps.github.io">richwps.github.io</a></p> <p><b>RichWPS-Modellierungswerzeug für komplexe Verarbeitungsprozesse</b></p>	<p><b>ab 14:30 Uhr</b> Eintreffen der Teilnehmer bei Kaffee und Butterbrezeln</p> <p><b>15.00 Uhr</b> Begrüßung Claus Hofmann   Disy Informationssysteme GmbH</p> <p><b>15.10 Uhr</b> Grundlagen und aktuelle Entwicklungen zur Verarbeitung verteilter Geodaten mit WPS Roman Wössner   Disy Informationssysteme GmbH</p> <p><b>15.30 Uhr</b> Anforderungen und Erwartungen aus der Verwaltungspraxis Jörn Kohlus   Landesbetrieb für Küstenschutz, Nationalpark und Meeresschutz Schleswig-Holstein</p> <p><b>15.50 Uhr</b> Konzepte und Werkzeuge zur WPS-Nutzung durch Fachanwender Dorian Alcácer-Labrador, Felix Bensmann, Dennis Ziegenhagen   Hochschule Osnabrück</p> <p><b>16.10 Uhr</b> Pause</p> <p><b>16.30 Uhr</b> Client- und Server-Komponenten Roman Wössner   Disy Informationssysteme GmbH</p> <p><b>16.50 Uhr</b> Anwendungsbeispiele mit RichWPS Elisabeth Kompter   Landesbetrieb für Küstenschutz, Nationalpark und Meeresschutz Schleswig-Holstein; Dr.-Ing. Rainer Lehnfeldt   Bundesanstalt für Wasserbau Hamburg</p> <p><b>17.10 Uhr</b> Zusammenfassung, Abschlussdiskussion Prof. Dr.-Ing. Rainer Roosmann   Hochschule Osnabrück</p> <p><b>17.30 Uhr</b> Ende der Veranstaltung</p>

Abbildung 26: Flyer Einladung Abschluss-Workshop (Vorderseite)



Projektpartner	Veranstaltungsort	Anmeldung
<p><b>Projektpartner im Forschungsprojekt</b> „RichWPS – Eine Software-Umgebung für Fachanwender zur effizienteren Nutzung von Geodaten mit Web Processing Services“</p> <p></p> <p></p> <p></p> <p></p> <p></p> <p></p>	<p></p> <p>KunstWerk Karlsruhe Amalienbadstraße 41 76227 Karlsruhe <a href="http://www.kunstwerk-karlsruhe.de">www.kunstwerk-karlsruhe.de</a></p> <p><b>Mit der Bahn:</b> S3, S51, S52, S5 zum Bahnhof Karlsruhe Durlach. Fußweg über Durlacher Allee, Pfiztalstraße auf die Amalienbadstraße. Oder aus der Stadt kommend mit der Linie 2 bis zur Gritzenstraße fahren.</p> <p><b>Mit dem Auto:</b> Von der A5 Ausfahrt 44 Richtung Karlsruhe Durlach nehmen. Über die Ernst-Friedrich-Straße, auf die Gritzenstraße, in die Karlstraße rechts auf die Amalienbadstraße. Am KunstWerk befinden sich kostenlose Parkplätze.</p> <p></p>	<p>Anmelden können Sie sich für den Workshop mit einer E-Mail an <a href="mailto:andreas.becker@disy.net">andreas.becker@disy.net</a>.</p> <p>Die Teilnahme an diesem Workshop ist kostenfrei.</p> <p><b>Ansprechpartner für Rückfragen:</b> Dr. Andreas Becker Leiter Innovationsmanagement Disy Informationssysteme GmbH Ludwig-Erhard-Allee 6   76131 Karlsruhe Tel. +49 721 16006-000   <a href="http://www.disy.net">www.disy.net</a></p> <p></p> <p></p> <p></p>

Abbildung 27: Flyer Abschluss-Workshop (Rückseite)

## 2.6.5 Weitere Maßnahmen zur Nachhaltigkeit der Projektergebnisse

- Die entwickelte Software wurde zu großen Teilen der Öffentlichkeit als Open Source Code auf GITHUB zugänglich gemacht.
- Die Folien zum Abschluss-Workshop bleiben weiterhin online verfügbar.
- Ausführbare Implementierungen der Beispiel-Anwendungsszenarien bei BAW und LKN werden auf dem MDI-DE Server weiterhin bereitgehalten.

## 2.6.6 Geplante und nach Projektende bereits erfolgte Ergebnisverbreitung

- Juli 2015: BENSMANN, F., ALCACER-LABRADOR, D., ROOSMANN, R., KAZAKOS, W., ABECKER, A. & R. WÖSSNER (2015): **Tools for Distributed Geodata Processing Based on OGC Web Processing Services.** In: GI\_Forum 2015 – Geospatial Minds for Society, Salzburg, Österreich.
- September 2015: ABECKER, A., WÖSSNER, R., ALCACER-LABRADOR, D., BENSMANN, F. & R. ROOSMANN (2015): **Methods and Tools for More Efficient Working With OGC Web Processing Services.** In: V. K. JOHANSEN ET AL. (Hrsg.): EnvirolInfo & ICT4S – Building the knowledge base for environmental action and sustainability. Adjunct Proc. of the 29th Int. Conference on Informatics for Environmental Protection and the 3rd Int. Conference on ICT for Sustainability, September 2015, Copenhagen, Denmark.



## 2.7 Referenzen

- [Binder & Reimers, 2013] Binder, K. und H.-C. Reimers (2013): Harmonierung von Eutrophierungsdaten. In: Traub, K.-P., Kohlus, J. & T. Lüllwitz (Hrsg.): Geoinformationen für die Küstenzonen. Band 4, Koblenz.
- [Bogenrieder et al., 1985] Bogenrieder, A., Collatz, K.-G., Kössel, H. und G. Osche (1985): Lexikon der Biologie in acht Bänden: Allgemeine Biologie Pflanzen Tiere. Herder, Freiburg, Basel, Wien.
- [Cepicky 2008] Cepicky, J. (2008): OGC Web Processing Service and Its Usage. GIS Ostrava.
- [Diaz et al, 2008] Díaz, L., Granell, C. und M. Gould (2008): Case Study: Geospatial Processing Services for Web-based Hydrological Applications. In: J.T. Sample, K. Shaw, S. Tu and M. Abdelguerfi (Eds.): Geospatial Services and Applications for the Internet. Springer-Verlag, 2008.
- [Dolch et al., 2012] Dolch, T., Buschbaum, C. und K. Reise (2012): Seegras-Monitoring im Schleswig-Holsteinischen Wattenmeer 2011. Ein Forschungsbericht für das Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein, Flintbek, 78 S.
- [Dolch et al., 2010] Dolch, T., Buschbaum, C. und K. Reise (2010): Seegras-Monitoring im Schleswig-Holsteinischen Wattenmeer 2009. Ein Forschungsbericht für das Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein, Flintbek.
- [EU, 2000] Europäisches Parlament und der Rat der Europäischen Union (Hrsg.) (2000): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wassernutzung (Wasserrahmenrichtlinie – WRRL). In: Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, Ausgabe L327, 43. Jahrgang, 22. Dezember 2000, S. 1-73.
- [EU, 2007] Europäisches Parlament und der Rat der Europäischen Union (Hrsg.) (2007): Richtlinie 2007/2/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 14. März 2007 zur Schaffung einer Geodateninfrastruktur in der Europäischen Gemeinschaft (INSPIRE). In: Amtsblatt der Europäischen Union, Ausgabe L108, 50. Jahrgang, 25. April 2007, S. 1-14.
- [EU, 2008] Europäisches Parlament und der Rat der Europäischen Union (Hrsg.) (2008): EG-Meeresstrategie- Rahmenrichtlinie 2008/56/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Juni 2008 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Meeresumwelt (Meeresstrategie- Rahmenrichtlinie – MSRL). In: Amtsblatt der Europäischen Union, Ausgabe L164/19, 51. Jahrgang, 25. Juni 2008, S. 19-41.
- [Förster et al., 2011] Förster, T., Schäffer, B., Baranski, B. und J. Brauner (2011): Geospatial Web services for Distributed Processing – Applications and Scenarios. In: P. Zhao & L. Di (Hrsg.): Geospatial Web Services: Advances in Information Interoperability, 2011. IGI Global, pp. 245–286.
- [Genesis, 2011] Smolders, S., Alegre, C., Gianfranceschi, S., Gilles, M., Resch, B. und Th. Everding (2011): GENESIS Employing Web Processing Services and Sensor Web Technology for Environmental Management. In: AGILE-2011.
- [GDI-NI, 2012] Geodatenportal Niedersachsen (2012): Die INSPIRE-Richtlinie. Aufbau einer europäischen Geodateninfrastruktur.



[Hofmann et al., 2010] Hofmann, C., Valikov, A., Ellmenreich, B., Müller, M., Schillinger, W. und G. Barnikel (2010): GDI-Dienste UIS BW - WPS-Dienste im Umwelt-informationsystem Baden-Württemberg für die Geodateninfrastruktur Baden-Württemberg, in: R. Mayer-Föll, R. Ebel, W. Geiger, Werner (Hrsg.): F+E-Vorhaben KEWA – Kooperative Entwicklung wirtschaftlicher Anwendungen für Umwelt, Verkehr und benachbarte Bereiche in neuen Verwaltungsstrukturen Phase V 2009/10, Karlsruhe: KIT Scientific Reports No. 7544, 2010.

[Kohlus et al., 2009] Kohlus, J., Ruhe, N., Bayer, R. und M. Bellin (2009): Geodateninfrastruktur Schleswig-Holstein und NOKIS. In: Traub, K.-P., Kohlus, J. & T. Lüllwitz (Hrsg.): Geoinformationen für die Küstenzone. Band 2, Halmstad.

[Lanig & Zipf, 2010] Lanig, S. und A. Zipf (2010b): Proposal for a Web Processing Services (WPS) Application Profile for 3D Processing Analysis. GEOProcessing 2010 - The 2<sup>nd</sup> Int. Conference on Advanced Geographic Information Systems, Applications, and Services. Netherlands Antilles.

[Lanig & Zipf, 2010b] Lanig, S. und A. Zipf (2010): Standardkonforme Geodatenverarbeitung und Dienstorchestrierung am Beispiel der Solarpotenzialanalyse mittels OGC Web Processing Service (WPS). AGIT 2010. Symposium für Angewandte Geoinformatik. Salzburg. Austria.

[Lopez-Pellicer et al., 2011] F. J. Lopez-Pellicer, F.J., Rentería-Agualimpia, W., Béjar, R., Valiño, J., Soria, F.J.Z. und P.R.M.-Medrano (2011): Implantation of OGC Geoprocessing Services for Geoscience. In: Actas de las II Jornadas Ibéricas de Infraestructuras de Datos Espaciales (JIIDE'2011).

[Müller, 2012] J. Müller (2012): Einsatz von Webservices für forstliche Simulationsmodelle. Master Thesis, Georg-August-Universität Göttingen.

[Müller, 2014] M. Müller (2014): WPS 2.0 developments and proposed features. Vortrag beim Workshop „Geoprocessing on the Web“ Castellón, Spanien.

[Müller et al.] M. Müller, L. Bernard, J. Brauner: Moving Code in SDI: Sharing Geoprocessing Tools with Web Services.

[Müller et al., 2012] Kadner, D.; Müller, M.; Brauner, J. und L. Bernard (2012): Konzeption eines Marktplatzes für den Austausch von Geoprozessierungsimplementierungen. In: gis.SCIENCE, 25(3), 2012. pp. 118–124.

[Müller et al., 2013b] Müller, M.; Bernard, L. und D. Kadner (2013): Moving Code - Sharing Geoprocessing Logic on the Web. In: ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 83, 2013. pp. 193–203.

[Orchestra, 2007] Th. Usländer (Hrsg.) (2007): Reference Model for the ORCHESTRA Architecture (RM-OA). Document OGC 07-097.

[Rieger, 2011] Rieger, A. (2011): Erstellung eines Web-basierten, semiautomatischen Bewertungsverfahrens für die Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) als Komponente der marinen Geodateninfrastruktur Deutschland (MDI-DE) am Beispiel Makrophyten. Master Thesis, HafenCity Universität Hamburg, Studiengang Geomatik.

[Schäffler et al., 2010] Schäffler, U., Moraru, D., Heier, C., Spies, K.-H. und M. Schilcher (2010): Interpolation of Precipitation Sensor Measurements using OGC Web Services. In: EnviroInfo 2010.



[Stollberg & Zipf, 2007] Stollberg, B. und A. Zipf (2007): OGC Web Processing Service Interface for Web Service Orchestration - Aggregating Geo-processing Services in a Bomb Threat Scenario. In: Web and Wireless Geographical Information Systems (W2GIS 2007). Cardiff, UK.

[Stollberg & Zipf, 2008] Stollberg, B. und A. Zipf (2008): Geoprocessing Services for Spatial Decision Support in the Domain of Housing MarketAnalyses - Experiences from Applying the OGC Web Processing Service Interface in Practice. The 11<sup>th</sup> AGILE 2008 Conference on GI Science. Girona, Spain.

[Stollberg & Zipf, 2009] Stollberg, B. und A. Zipf (2009): Development of a WPS Process Chaining Tool and Application in a Disaster Management Use Case for Urban Areas. In: A. Krek, M. Rumor, S. Zlatanova, E. M. Fendel (Hrsg.): Urban and Regional Data Management: UDMS 2009

[Vollmer, 2013] T. Vollmer (2013): Entwicklung von Web Processing Services und Implementierung in ein GI-System der Flurneuordnung mithilfe von Open Source Produkten. Bachelor Thesis, Hochschule Karlsruhe.

[Weiser et al., 2006] Weiser, A., Neis, P. und A. Zipf (2006): Orchestrierung von OGC Web Diensten im Katastrophenmanagement.

[Wössner, 2013] R. Wössner (2013): Untersuchungen zur praktischen Nutzbarkeit des OGC Web Processing Service – Standards. Bachelor Thesis, Hochschule Karlsruhe Technik und Wirtschaft, August 2013.