STANDARDISIERTE GEO-SENSOR WEBS FÜR BEREICHSÜBERGREIFENDE ECHTZEIT-WASSERWIRTSCHAFT

Bernd Resch, Salzburg
Manfred Mittlböck, Salzburg

1 EINLEITUNG

Grenz- und domänenübergreifende Verfügbarkeit von aktuellen Umweltinformationen wird in naher Zukunft einen essentiellen Mehrwert für umweltbezogene Informationssysteme darstellen [1]. Dabei sind die Parameter Aktualität, Genauigkeit und Vollständigkeit von Messinformationen substantielle Voraussetzungen für die Extraktion qualitativ hochwertiger Information zur Entscheidungsunterstützung [2]. Vor allem die einfache Kombination von aktuellen Daten unterschiedlichster Informationsquellen (z.B. Sensornetzwerke oder meteorologische Diensten) in verschiedene Analysesysteme ermöglicht die optimale Unterstützung von Expertenentscheidungen in Wasserwirtschaft, Sicherheits-, Naturgefahren- und Infrastrukturmanagement.

Die Notwendigkeit der Vorhaltung und Bereitstellung von Umweltinformation ist sowohl in diesen praktischen als auch in legistischen Aspekten begründet. Gesetzliche Rahmenbedingungen umfassen hier auf Europäischer Ebene Infrastructure for Spatial Information in Europe (INSPIRE), Single Information Space for Environment (SISE), Shared Environmental Information Space (SEIS), Global Earth Observation System of Systems (GEOSS), sowie die Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) und die Hochwasserrisikomanagementrichtlinie (HWRM-RL).

Speziell die erhöhte Verfügbarkeit von Echtzeit-Datenquellen (Sensornetzwerke, RFID-basierte Systeme, Technologien für Leitungs-Monitoring etc.) – bedingt durch entscheidende Performanceverbesserungen verbunden mit drastischer Preisreduktion [3] – eröffnen neue Möglichkeiten im Bereich Wasserwirtschaft. Allerdings wurden Geo-Sensor Netzwerke und GIS-Analysesysteme bisher meist in geschlossenen monolithischen Systemen aufgebaut, wodurch die Nutzung von verfügbaren Datenbeständen über System- und Domänengrenzen hinweg verhindert wurde, wie in Abbildung 1 dargestellt.

© DWA 2010, Hennef

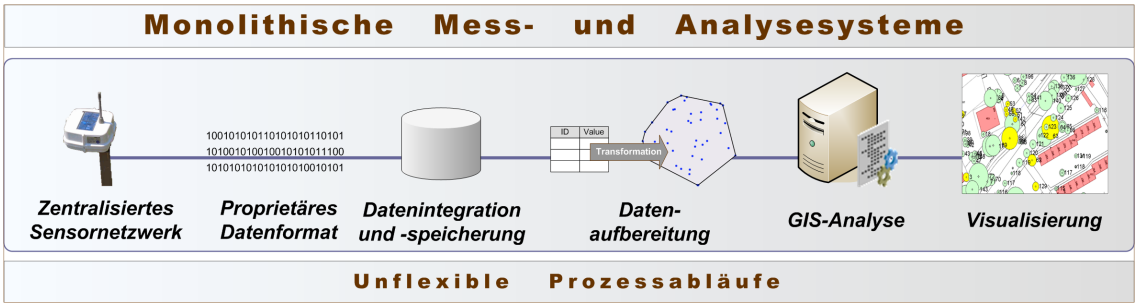

Abbildung 1: Proprietäre Mess- und Analysesysteme.

2 STANDARDISIERTE GEODATEN-INFRASTRUKTUREN

Aus diesem Grund werden zunehmend neue standardisierte Ansätze für Geo-Sensor Webs verfolgt. Speziell in der Kommunikation zwischen Sensoren unterscheiden sich moderne Geo-Sensor Webs entscheidend von herkömmlichen Geo-Sensor Netzwerken. Geo-Sensor Webs zeichnen sich durch drei essentielle Eigenschaften aus: *Interoperabilität* bezeichnet die Fähigkeit verschiedenartiger Sensoren, miteinander zu kommunizieren oder ein gemeinsames Resultat zu produzieren; *Skalierbarkeit* impliziert, dass neue Sensoren in existierende Sensornetzwerke eingefügt werden können, ohne schwerwiegende Umstellungen in der bestehenden Hardware- und Software-Infrastruktur zu erfordern; *Intelligenz* meint die Fähigkeit von Sensoren, zu einem gewissen Grad autonom „denken“ zu können. Diese Intelligenz kann von Datenfilterung nach vorgegebenen Kriterien mit Hilfe von Complex Event Processing (CEP) Mechanismen bis hin zu autonomen Softwareagenten reichen. Darauf aufbauend werden Geodaten-Infrastrukturen (GDI) entwickelt, die auch die Fähigkeiten bieten, Echtzeitdaten zu integrieren.

Interoperabilität wird in GDI durch weitgehende Standardisierung erreicht, sowohl auf Daten- als auch auf Dienstebene. Speziell das Open Geospatial Consortium (OGC) hat im vergangenen Jahrzehnt eine Reihe von Daten- und Servicestandards geschaffen, die automatisierte Datenbereitstellung und -austausch ermöglichen. Für den Bereich Wasserwirtschaft beinhaltet der Einsatz von offenen Standards eine Reihe von Vorteilen wie bereichsübergreifende Nutzbarkeit von Daten, einfache Integration von neuen Datenbeständen und Nutzbarkeit von Echtzeit-Datenquellen in Analyse- und Prognosesystemen. Diese Vorteile werden in Kapitel 6 näher beschrieben.

Als technisches Vehikel für die Erreichung dieser Vision von interoperablen Echtzeit-GDI wurde die OGC Sensor Web Enablement (SWE) Initiative [4] ins Leben gerufen, die zum Ziel hat, Sensoren über das Internet auffindbar, abfragbar und steuerbar zu machen. Solche interoperablen Mess- und Monitoring-Infrastrukturen eröffnen die Möglichkeit ubiquitärer Informationssysteme und Entscheidungsunterstützung in naher Echtzeit, also mit einer anwendungsspezifischen Definierten zeitlichen Verzögerung.

Um dieses Ziel zu realisieren gilt es, eine integrative GDI für Sensornetzwerke zu entwickeln. Der von den Research Studios Austria entwickelte *Live Geography* Ansatz

beinhaltet Echtzeitdatenintegration (Sensor Fusion), semi-automatisierter Qualitätssicherung für Messdaten und service-basierter Datenauswertung (s. Abbildung 2).

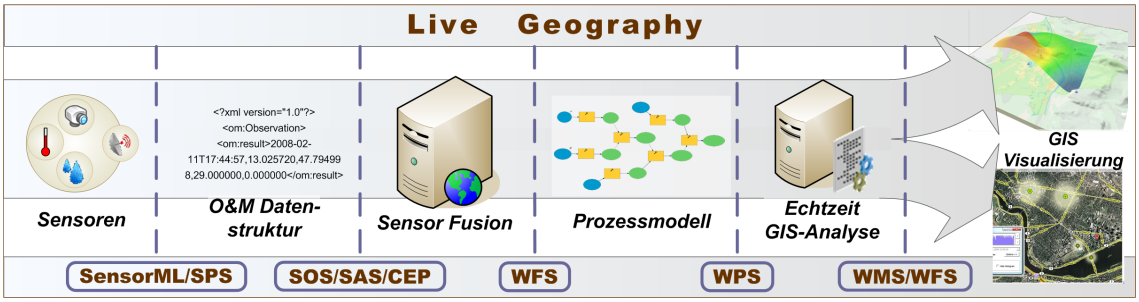

Abbildung 2: Sensor-basierte Echtzeit-GDI.

Wesentliches Augenmerk findet daher die konsequente Anwendung offener (Geo-) Standards, um Schnittstellen- und Daten-Interoperabilität im Verarbeitungsprozess zu garantieren. Dies ist speziell im Hinblick auf die Konformität zu legistischen Rahmenbedingungen wie der WRRL, INSPIRE etc. von zentraler Bedeutung. Damit ist auch im Bereich der Wasserwirtschaft eine erhebliche Effizienzsteigerung in den verschiedenen Informationssystemen zu erwarten – durch Homogenisierung und somit bereichsübergreifende Nutzung von Messdatengrundlagen.

3 ECHTZEIT-INTEGRATION VON MESSDATEN – SENSOR FUSION

Eine entscheidende Herausforderung in der Erstellung von standardisierten echtzeitfähigen GDI stellt also die Integration von heterogenen Datenquellen dar. Das grundlegende Ziel von sogenannten „Sensor Fusion“ Mechanismen ist die Harmonisierung von Datenbeständen und deren Bereitstellung über etablierte Web-Schnittstellen wie OGC Web Feature Service (WFS), Web Map Service (WMS) und Web Coverage Service (WCS). Hierfür ist es notwendig, Daten „on the fly“, also möglichst ohne persistente Zwischenspeicherung, zu transformieren und zu homogenisieren. Dadurch können verschiedenste Datenquellen auf einfache Art und Weise in bestehende Analyse- und Visualisierungssysteme eingebunden werden.

Ein zentraler Vorteil dieser Sensor Fusion in naher Echtzeit ist die Bereitstellung von lokalen und verteilten Datenbeständen über bekannte Service-Schnittstellen in einer Vielfalt von standardisierten Formaten. Diese Formate umfassen beispielsweise OGC Geographic Markup Language (GML), OGC Keyhole Markup Language (KML), geoRSS, geoJSON, Scalable Vector Graphics (SVG) oder PDF. Dies wiederum ermöglicht die Nutzung dieser Daten in verschiedensten Expertenwerkzeugen und GIS-Systemen.

Aus technischer Sicht gibt es eine Reihe von Umsetzungsmöglichkeiten für Sensor Fusion Mechanismen. Eine von den Research Studios Austria entwickelte Technologie

integriert „live“ Sensormessungen mit einer Datastore-Erweiterung direkt in das open-source Projekt GeoServer. Die dafür implementierte Erweiterung ermöglicht die parallelisierte Abfrage mehrerer Sensoren. Neben verschiedenen Parametern wie die Sensoradresse, den Messgrößen , Proxy-Einstellungen und Filterdefintion ermöglicht die Festlegung eines „Query Timeouts“, Zeitüberschreitungen bei der Messdatenabfrage zu verhindern, und damit das System zu blockieren. Diese würde eintreten, wenn z.B. einer der abgefragten Sensoren offline ist. Die GeoServer Datastore fungiert hier also als „Übersetzer“ von SOS-konformen Messdaten in verschiedenste Ausgabeformate, die GeoServer zur Verfügung stellt. So kann eine on-the-fly Transformation in breit anerkannte standardisierte räumliche Informationsservices wie OGC WFS, WMS und WCS durchgeführt werden, wie in Abbildung 3 dargestellt.

Mit Hilfe dieser breit anerkannten und in Verwendung befindlichen Standards können somit „live“ Messdaten sehr einfach in alle gängigen COTS und open-source GI-Systeme eingebunden werden. Dies erlaubt einfache und transparente Integration von OGC Observations and Measurements (O&M) Daten über anerkannte OGC Schnittstellen für Vektor- und Rasterdienste. Damit wird direkte Visualisierung, Modellierung und Analyse in unterschiedlichsten GI-Systemen ermöglicht.

Weiters besteht so die Möglichkeit, Messinformation nicht nur in spezialisierten GIS-Produkten zu verwenden (z.B. über GML oder KML), sondern sie auch außerhalb der GIS-Domäne zu verwenden z.B. über die Ausgabe von SVG oder PDF. Mit der Möglichkeit der Ausgabe z.B. als geoRSS und KML wird die einfache Integration in Web 2.0 Anwendungen und Mapping APIs wie Google Maps, Google Earth oder Microsoft Virtual Earth gezielt unterstützt.

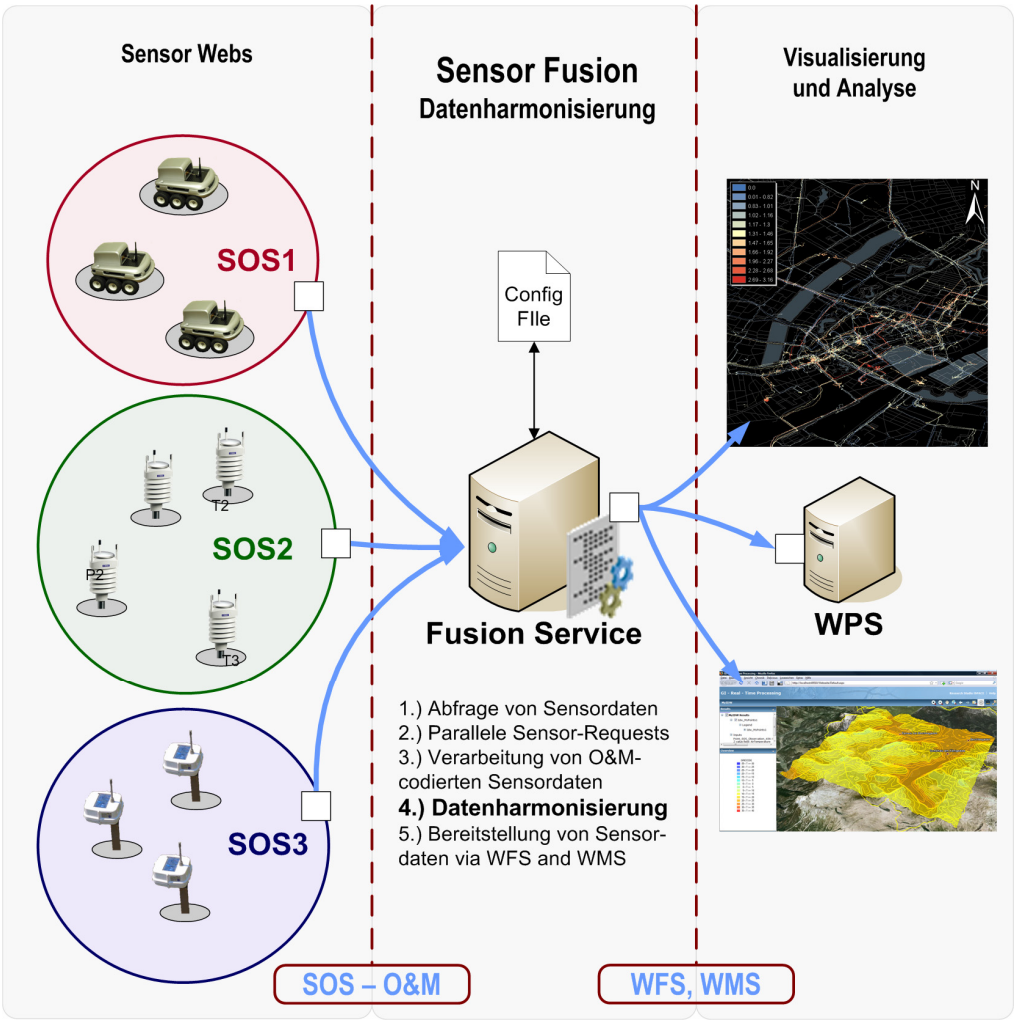

Abbildung 3: Sensor Fusion Service für Datenharmonisierung.

4 WEB-BASIERTE DATENANALYSE

Um wertvolle und umfassende Grundlagen für die Unterstützung von operativen und strategischen Entscheidungen aufzubereiten, müssen Rohdaten integriert und zu Information veredelt werden. Neben erprobten und im Einsatz befindlichen Expertenwerkzeugen helfen neue web-basierte Analysemechanismen, Informationsebenen maßgeschneidert für die jeweilige Benutzergruppe aufzubereiten. In der Analyse von Sensordaten und in der Ergebnisvisualisierung werden hier verstärkt Web-GIS Technologien eingesetzt. Technologien umfassen hier Web Processing Service [WPS], Web Map Service [WMS], Web 3.0 etc. Ein Beispiel einer konkreten Umsetzung dieser web-basierten Analysemethodik im Bereich Umweltbeobachtung ist in Abbildung 4 dargestellt.

© DWA 2010, Hennef

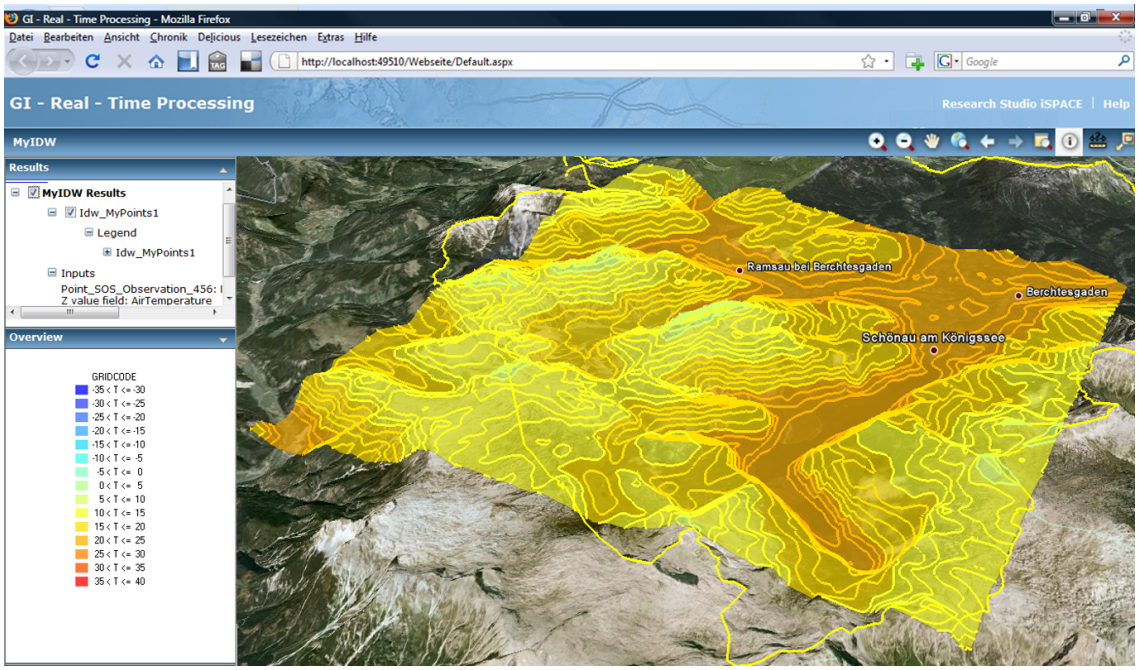

Abbildung 4: Web-basierte Datenanalyse zur Generierung maßgeschneiderter Informationsebenen – Interpolation von Luftgütewerten.

Grundsätzlich gibt es drei substantielle Vorteile solcher web-basierter Ansätze imVergleich zu traditionellen Desktop-orientierten GIS-Systemen: 1.) eröffnen sie die Möglichkeit, Echtzeitdaten über das Web in GIS-Werkzeuge zu integrieren – was bisher nicht möglich war; 2.) benötigen Benutzer kein Experten-Know-how für den Einsatz von komplizierten GIS Werkzeugen, sondern können über wenige Klicks in einfachen web-basierten Anwendungen Informationen beziehen (z.B. „wie ist die derzeitige Hochwassergefährdung in meinem Stadtteil?“); 3.) können komplexe Algorithmen zur Datenanalyse sehr einfach über das Internet zugänglich gemacht werden, um so verschiedenste Interessensgruppen mit Echtzeitinformation zu versorgen, wie z.B. Umweltbehörden, Entscheidungsträger, aber auch Privatpersonen. So können aktuelle Informationen über Überschwemmungsgebiete, Versorgungsqualität, Pegelstände oder Wasserqualität direkt an verschiedenste Endnutzer und Interessensgruppen weitergegeben werden.

5 DATENQUALITÄT

In solchen kritischen Analyseprozessen ist höchstmögliche Datenqualität eine entscheidende Grundlage für erfolgreiche und umfassende Entscheidungsunterstützung in der Wasserwirtschaft. Die Entwicklung von Methoden und Technologien für Qualitätskontrolle in Sensordaten befindet sich allerdings erst im Anfangsstadium.

Während die Definition und Beschreibung zahlreicher qualitativer Aspekte von Geodaten auf etablierte Grundlagen und auch in Standards einigermaßen klar definierte

Metriken zurückgreifen kann, sind Mechanismen für Qualitätskontrolle, Fehlererkennung und -korrektur noch mangelhaft definiert. Vor allem effiziente und verlässliche Methoden für Echtzeit-Fehlererkennung und -fortpflanzung werden derzeit intensiv entwickelt.

Generell erfolgt Qualitätsbeschreibung anhand zweier Hauptkriterien.

- *Quantitative* Qualitätskriterien beschreiben die Eignung des Datensatzes hinsichtlich ihrer Eignung anhand der Produktspezifikationen. Unter diese Kategorien fallen Vollständigkeit, logische Konsistenz (z.B. topologische Konsistenz), Positionsgenauigkeit räumlicher Elemente, zeitliche Genauigkeit der Attributinformation und thematische Exaktheit.
- *Nicht-quantitative* Kriterien umfassen Verwendungszeck, Anwendung und Lineage (Herkunft). Die Herkunft bezieht sich dabei auf die Beschreibung des zugrunde liegenden Ausgangsdatensatzes, sowie der durchgeführten Verarbeitungsschritte.

Die Research Studios Austria setzen im Bereich der quantitativen Qualitätssicherung durch Fehlererkennung und -korrektur auf Complex Event Processing (CEP) Mechanismen. CEP dient zur Mustererkennung in Echtzeitdaten [5] und wurde erstmals im Wirtschafts- und Finanzsektor (Erkennung von Markttrends und Antizipierung der Entwicklung von Aktienkursen) massentauglich angewendet. In der Anwendung in Sensor-unterstützten GIS-Systemen werden mit Hilfe eines um räumlich-topologisch erweiterten CEP-Tools Möglichkeiten geschaffen, Messfehler zu identifizieren, Ausreißer zu eliminieren und multidimensionale Zusammenhänge zu erkennen. Darüber hinaus können räumlich motivierte Anwendungen in serviceorientierten Architekturen umgesetzt werden, wie z.B. Geo-fencing, Erkennung von Schwellwertüberschreitungen oder raum-zeitliche Messreihenanalysen.

6 VORTEILE FÜR DEN BEREICH WASSERWIRTSCHAFT

Ein entscheidender Vorteil, der sich aus der Verwendung von standardisierten Geo-Sensor Webs und GDI für den Bereich Wasserwirtschaft ergibt ist die bereichsübergreifende Nutzbarkeit von Geodaten. Dies bedeutet, dass z.B. im Falle eines Hochwasserereignisses Pegelstandsdaten, Durchflussmessungen und meteorologische Prognosen für verschiedenste Anwendungsbereiche aufbereitet werden können, wie z.B. Hochwassermanagement, Krisenintervention, Einsatzplanung, Wasserqualitätsbeobachtung oder Aufrechterhaltung der Trinkwasser-Versorgungsqualität.

Mit Hilfe von standardisierten Datenformaten und Service-Schnittstellen ist es sehr einfach möglich, komplexe Sachverhalte für verschiedene Nutzer- und Interessensgruppen bereitzustellen. Bestehende Visualisierungs- und Analysewerkzeuge können mit wenig Aufwand and standardisierte Geodaten-Infrastrukturen angebunden werden. Damit wird auch die Nutzung von Echtzeit-Daten (z.B. Sensormessungen) in diesen Tools ermöglicht und vereinfacht.

Aus technischer Sicht wird durch Standardisierung Interoperabilität erreicht, was automatisierte Maschine-zu-Maschine (M2M) Kommunikation ermöglicht. Maßgeschneiderte Experten-Werkzeuge können damit in einfacher Art und Weise auf verteilte heterogene Datenquellen zugreifen. Der Vorteil hiervon ist, dass die eigentliche technische Einbindung von Datenbeständen nur ein einziges Mal implementiert werden

muss und die Komponente zur Datenintegration danach weiterverwendet werden kann. Das Gleiche gilt für die Einbindung von Daten über etablierte Service-Schnittstellen wie OGC WFS, WMS oder WCS. Die weit gediehene Entwicklung dieser Standards garantiert Uniformität in Anfrage- und Datenformaten, im Gegensatz zu proprietären Application Programming Interfaces (API), die sich in der Regel häufig ändern.

Außerdem bringt breite Standardisierung einfache Anpassbarkeit für verschiedene Workflows – also domänenspezifische Arbeitsprozesse – mit sich. So können beispielsweise meteorologische Daten Einsatz finden in Systemen für Echtzeit-Hochwasserprognosen, für Wassermanagement oder für Sicherheitsmanagement (z.B. Evakuierungsszenarien). Damit können einerseits bereits eingesetzte GIS-Werkzeuge weiterverwendet werden, andererseits wird die Entwicklung von neuen Tools erleichtert.

Durch die breite Verwendung von standardisierten und interoperablen Geo-Sensor Webs und Echtzeit-GDI können sich innovationsorientierte Unternehmen einen technologisch-wirtschaftlichen Vorsprung sichern, indem der Mehrwert von domänenübergreifend nutzbaren Umweltdaten direkt abgegriffen werden kann.

7 ZUSAMMENFASSUNG UND ZUKUNFTSAUSBLICK

Grenz- und domänenübergreifende Verfügbarkeit von aktuellen Umweltinformationen kann einen enormen Mehrwert für Unternehmen im Bereich Wasserwirtschaft liefern. Dabei sind die Parameter Aktualität, Genauigkeit und Vollständigkeit von Messinformationen substantielle Voraussetzungen für die Extraktion qualitativ hochwertiger Information zur Entscheidungsunterstützung. Standardisierte Geo-Sensor Webs und Geodaten-Infrastrukturen (GDI) helfen hier, heterogene verteilte Datenbestände in bestehende Expertenwerkzeuge einzubinden und erleichtern die Entwicklung von neuen Tools. Außerdem wird die maßgeschneiderte Informationsbereitstellung für verschiedene Endnutzergruppen erleichtert – angepasst an die speziellen Anforderungen der jeweiligen Nutzer.

Zukünftig gilt es, flächendeckende Qualitätskontrolle für Sensordaten zu implementieren, unter spezieller Berücksichtigung des aktuellen Forschungstrends von „Citizens as Sensors“, also der Möglichkeit, subjektive Sinneseindrücke von Menschen direkt in Mess- und Analysesysteme zu integrieren. Damit rückt auch die Einbindung von mobilen Sensoren mit dynamischer raum-zeitlicher Position in den Vordergrund, um die technologische Basis für die Vision von „Pervasive Geo-Sensor Webs“ unter Verwendung von Drohnen (UAV – Unmanned Aerial Vehicles), Sensor-Robotern oder verkehrsgetragenen mobilen Sensoren (montiert z.B. auf öffentlichen Bussen oder Taxis) zu schaffen.

Für die einfache Verwendbarkeit von Messdaten müssen effiziente und umfassende Mechanismen zum Auffinden von Sensoren inklusive entsprechender Registrierungsdienste geschaffen werden. Hier spielt auch die Quervernetzung zu Linked Data Konzepten – dem konkreten Ansatz hin zur Realisierung der Vision eines Semantic Web – eine entscheidende Rolle, um konsistente Metadatenbestände für Sensoren, Messdaten und Serviceschnittstellen möglichst automatisiert und umfassend bereitzustellen. Nur so kann M2M Kommunikation zwischen verschiedenen Komponenten im Workflow ermöglicht werden, um folglich manuelle Intervention in der Bereitstellung von Informationsdiensten in naher Echtzeit zu minimieren.

© DWA 2010, Hennef

8 DANKSAGUNG

Die in diesem Paper beschriebenen Methoden und Technologien wurden im Rahmen des FP7-Projektes GENESIS (IP, Referenznummer 223996) entwickelt, unterstützt von der Europäischen Kommission und dem Österreichischen Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung.

9 REFERENZEN

[1] Spies, K.H. und Heier, C. (2008) OGC Sensor Web in der Praxis - Bereitstellung von Sensordaten in Geodaterastrukturen und personalisierter Hochwasserwarndienst. In: Strobl, J., Blaschke, T., Griesebner, G. (Hrsg.) (2010) Angewandte Geoinformatik 2010, Wichmann Verlag, Heidelberg, S.721-725.

[2] Resch, B., Mittlboeck, M., Girardin, F., Britter, R. und Ratti, C. (2009) Live Geography - Embedded Sensing for Standardised Urban Environmental Monitoring. International Journal on Advances in Systems and Measurements, 2(2&3), ISSN 1942-261x, S.156-167.

[3] Paulsen, H. und Riegger, U. (2006) SensorGIS - Geodaten in Echtzeit. In: GIS-Business 08/2006, S.17-19, Köln, Deutschland, 2006.

[4] Botts, M. (Hrsg.) (2007) OpenGIS Sensor Model Language (SensorML) Implementation Specification. http://www.opengeospatial.org, OpenGIS Implementation Specification OGC 07-000, Version 1.0.0 beta, 17. Juli 2007. (8. Dezember 2010)

[5] Bass, T. (2010) What is Complex Event Processing?. http://www.thecepblog.com/what-is-complex-event-processing, 2010. (11. Dezember 2010)

[6] Resch, B. (2010) Geo-sensor Web – Echtzeitmessungen für Ubiquitäre Monitoring-Systeme. HMD Journale der Wirtschaftspraxis, vol. 276, Dezember 2010.

© DWA 2010, Hennef