Quelle: Krafra/photocase

*Der Pegelstand für Geoinformationen steigt!* Sensordaten sind für Anwendungen in der Wasserverwaltung unabdingbar.

# SENSOR WEB – SCHLEUSEN AUF FÜR GEOINFORMATIONEN

**Sensordaten bilden einen Grundbaustein unserer Informationsgesellschaft. Sie liefern positionsgenaue Zustände von Systemparametern, die sich zeitlich oder räumlich ändern. Mehrere Sensoren werden in Geosensornetzwerken zusammengefasst. Diese Netzwerke und die darauf aufbauende Anwendungen sind für Umweltbeobachtungen und den Klimaschutz, der Planung und Steuerung von Objekten wie Satelliten oder dem Verkehr sowie der Entwicklung von leistungsfähigen Monitoring- und Alarmierungssystemen nicht mehr wegzudenken. So auch in der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung.**

Das Dienstleistungszentrum IT im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung (DLZ-IT BMVBS) hat im Jahr 2007 begonnen, sich im Rahmen der Entwicklung der Sensor Web Standards des Open Geospacial Consortiums (OGC) an der Abstimmung eines weltweiten Sensordaten-Standards zu beteiligen. Dies erfolgte zuerst im Rahmen eines Forschungsprojekts, das Sensor Web für ein Schleusen-Monitoringsystem verwendete und einen Sensor Observation Service (SOS) für das gewässerkundliche Informationssystem des Bundes („Pegelonline“) entwickelte. Darauf folgte seit 2009 die Überführung der Forschungsergebnisse in die Entwicklung von Musterlösungen und Wirksysteme für die gewässerkundlichen Systeme und deren Einbettung in die Geodateninfrastruktur der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung (GDI-WSV), die der Architektur von GDI-DE (Geodateninfrastruktur Deutschland) folgt.

Das zunehmende Interesse außerhalb der Forschung in öffentlichen Institutionen und der Privatwirtschaft zeigt deutlich auf, dass Sensor Web zukünftig der Standard wird, Sensordaten zu erfassen, beschreiben und zu integrieren. Sensordaten werden damit durch ihre Vernetzung mit anderen Fach- und Geoinformationen in völlig neuem Kontext für Bürger, Firmen, Wissenschaft und Verwaltung nutzbar.

In diesem Beitrag werden Sensor Web Ergebnisse des DLZ-IT BMVBS und ihre Verflechtung mit der weltweiten Entwicklung eines gemeinsamen Standards vorgestellt.

## GRUNDLAGEN EINES SENSOR WEBS

Die Erfassung von Messwerten erfolgt weltweit über eine Vielzahl unterschiedlichster Sensoren. Diese Sensoren besitzen eine eindeutige räumliche Lage (stationär oder mobil), sind oft in Messstationen gebündelt und werden in Geosensornetzwerken zusammengefasst. Die informationstechnische Infrastruktur, in der diese Sensoren, ihre Netzwerke und Nutzer über einheitliche Kommunikationsmechanismen und Inhaltsbeschreibungen innerhalb des Internets auffindbar und abrufbar sind, wird im Allgemeinen als Sensor Web bezeichnet.

Kernelement eines Sensor Webs bilden einheitliche Spezifikationen (Informationsmodelle) und Dienste (Servicemodelle), die innerhalb des Internets betrieben werden. In Anlehnung an die Entwicklung der Standards für Geodatendienste der OGC (Open Geospacial Consortium), wie den Web Mapping Service (WMS), wird seit 2007 an der Standardisierung von Sensordatenmodellen und -diensten gearbeitet. Diese entstandene Sensor Web Entwicklung der OGC (SWE – Sensor Web Enablement) hat eine Reife erreicht, die es ermöglicht, Sensordaten einheitlich in verschiedene Fachsysteme zu integrieren. Das Sensor Web nach den SWE-Standards ist nach Meinung der Autoren die weltweit zentrale Entwicklung zum zukünftigen Umgang mit Sensordaten. Wie die Vision eines Sensor Webs aussehen kann, zeigt die folgende Abbildung.

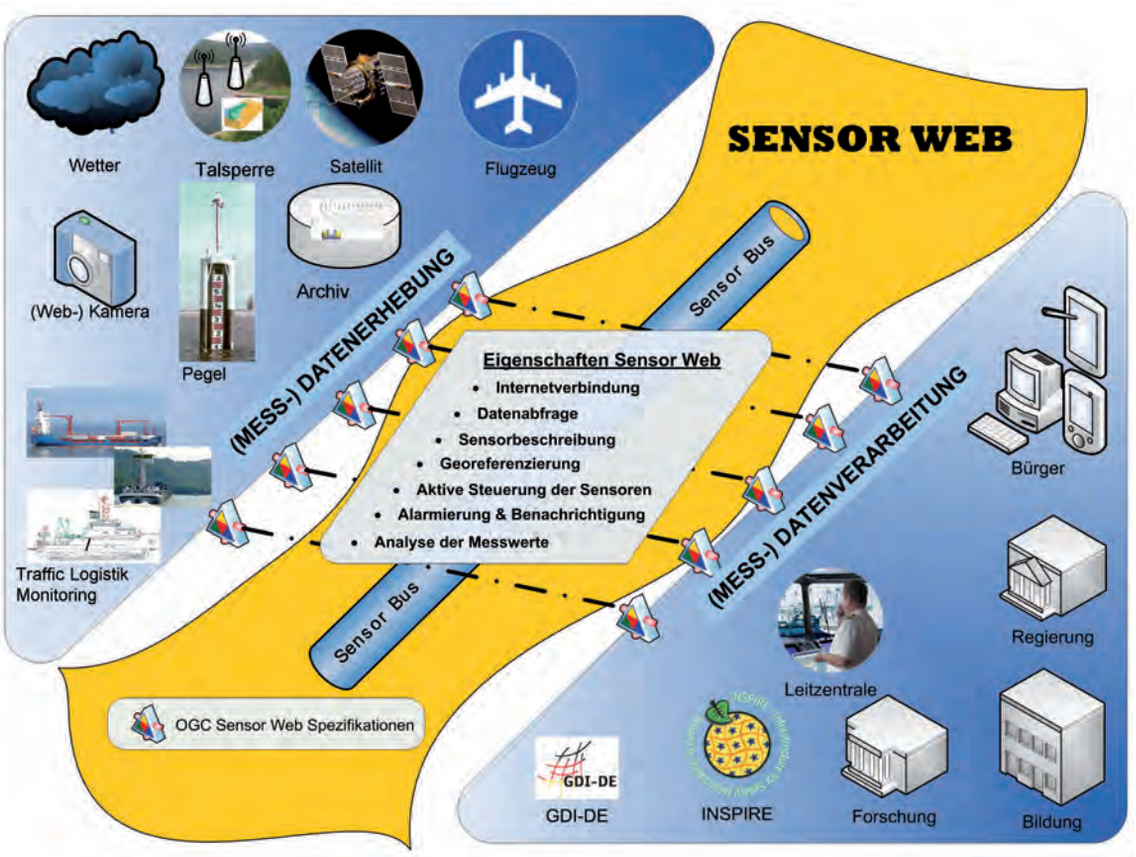
Das Sensor Web bildet dabei die technische Schnittstelle zwischen den Medien der Datenerhebung, also den Sensoren wie Satelliten, Pegel, Flugzeuge und den Systemen oder Institutionen der Datenverarbeitung – wie Fernsehen, Leitzentralen, Regierungen, Bürger. Dabei stellt das Sensor Web über einheitliche Standards sicher, dass Sensordaten gleich beschrieben und übertragen werden, so dass die Nutzer als Teil der Datenverarbeitung diese ohne zusätzliche technische Anpassung erhalten.

Im SWE Sensor Web stellt das Informationsmodell, das alle Spezifikationen zusammengefasst, sicher, welche Datenformate genutzt werden. Im Einzelnen sind dies:

- SWE Common: Grundlegende Datenstrukturen, welche in den weiteren SWE-Standards wieder verwendet werden
- Observations and Measurements (O&M): Kodierung von Messdaten
- Sensor Model Language (SensorML): Kodierung von Sensormetadaten
- Transducer Markup Language (TML): Kodierung von Messdaten und Sensormetadaten zur Übertragung von Datenströmen

Das Dienstmodell als zweiter Grundbaustein von SWE beschreibt die SWE-Spezifikationen zu Dienstschnittstellen, die dem Nutzer zur Verfügung gestellt werden, um Sensordaten zu erhalten und weiter zu verarbeiten. Hierbei werden die folgenden Dienste unterschieden:

- Sensor Observation Service (SOS): Pull-basierter Zugriff auf Messdaten (Klienten müssen Daten abfragen)
- Sensor Alert Service (SAS) oder Sensor Event Service (SES): Push-basierte Alarmierung abhängig von Messdaten (Klienten abonnieren bestimmte Messdaten und erhalten diese automatisch zugestellt)
- Sensor Planning Service (SPS): Steuerung und Konfiguration von Sensoren
- Web Notification Service (WNS): Hilfsdienst zur Ermöglichung asynchroner Kommunikation zwischen SWE Komponenten und Klienten




Quellen: DLZ-IT BAWBS

*Abbildung 1: Vision eines Sensor Webs. Sensoren registrieren sich über OGC Sensor Web Spezifikationen an einem Sensor Bus, auf den die Anwender zugreifen und die benötigten Sensoren auswählen.*

Die Weiterentwicklung der Spezifikationen und Dienste erfolgt über Arbeitsgruppen der OGC und umfasst weltweit Organisationen aus Forschung und Wissenschaft, der Öffentlichen Hand und der Privatwirtschaft.

## SENSOR WEB BEIM BMVBS

Über das DLZ-IT BMVBS beteiligt sich das Ministerium für Verkehr, Bau und Siedlungswesen seit 2007 innerhalb des Forschungsprojektes SensorWeb-WSV (Sensor Web der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung) an den Akteure und ihr Know-how in den Entwicklungsprozess einzubeziehen, um die Sensor Web-Vision auf nationaler und internationaler Ebene einheitlich und zielorientiert voranzutreiben.

## FORSCHUNGSERGEBNISSE

Im Rahmen des Ausbaus der Schleusenanlage Sülfeld am Mittellandkanal und der langfristigen Beweissicherung der Daten entschied das zuständige Wasser- und Schifffahrtsamt (WSA) zusammen mit dem DLT-IT BVBS

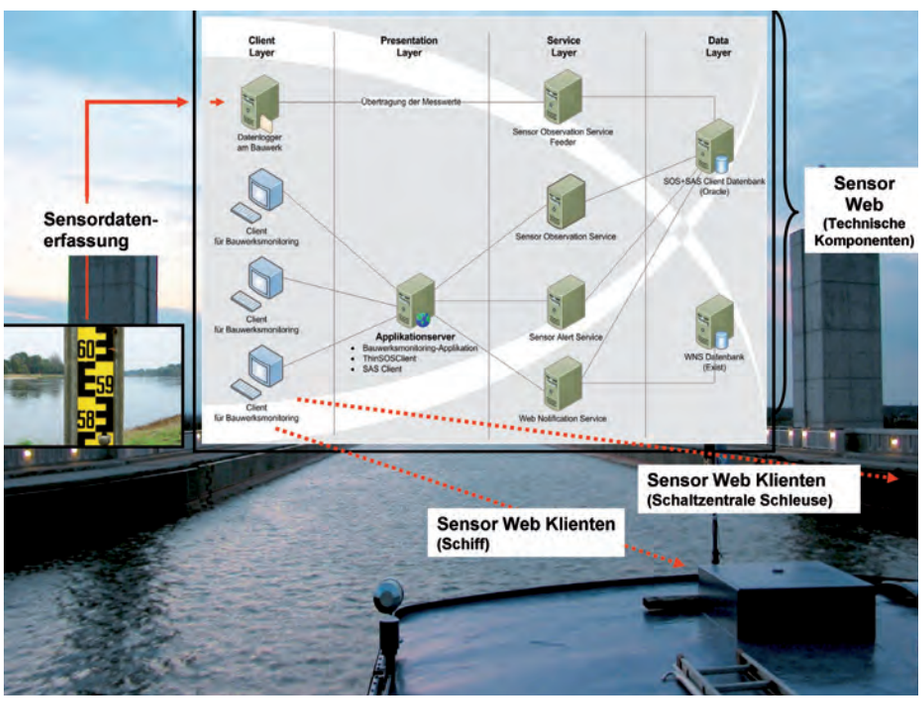



*Abbildung 2: Schematische Darstellung eines Schleusen-Monitoringsystems mit Sensor Web Komponenten*

Sensor Web Entwicklungen der OGC. Aufbauend auf diesen Forschungsarbeiten sind seit 2009 einzelne Programmpakete entstanden, die zusammen gesehen als Sensordaten-Investitionsprogramm des Bundes bezeichnet werden. Dabei handelt es sich um drei Programmpakete („Konzepte“, „Software“ und „Daten“). Sie beinhalten Konzepte zur Standardisierung der Spezifikationen und Dienste, ihre Umsetzung in Wirksystemen der Öffentlichen Hand, gemeinsame Softwarelösungen zu SWE-Diensten und Klienten und die Harmonisierung von Messdaten, ihre Aufnahme und Beschreibung. Leitgedanke bei der Umsetzung des Programms ist die gemeinschaftliche Kooperation mit Institutionen der Öffentlichen Hand, der Wirtschaft und der Forschung. Ziel ist es dabei, alle interessierten eine Sensor Web-Lösung nach SWE Standards aufzubauen. Ziel war es, die Spezifikationen und Dienste an ein Wirksystem anzupassen um eine Standardarchitektur zu testen, die zukünftig für weitere Beweissicherungssysteme verwendet werden kann. Dabei musste das Sensor Web-System Funktionen, wie (i) einen Internet basierenden Zugriff auf die Messdaten mit Login-funktion und Messdatendownload, (ii) die Visualisierung der Zeitreihen mit Messdatenanalyse, (iii) eine Alarmierung bei Grenzwertüberschreitung und (iv) eine chronologische Dokumentation des Baufortschrittes ermöglichen.

Das dabei entwickelte System ist exemplarisch in Abbildung 2 dargestellt. Die erfassten Sensordaten, wie etwa der Wasserstand werden innerhalb der technischen Sensor Web- Architektur beschrieben und übertragen. Endnutzer des Sensor Web-Systems waren im Fall des Projekts an der Schleuse Sülfeld das zuständige WSA, das für die langfristige Beobachtung der Schleuse Sülfeld zuständig ist. Zusätzlich können in Zukunft die Daten aber auch direkt an die einzelnen Schiffe weitergegeben werden, um diesen eine optimale Wegeplanung zu erlauben.

Das aufgebaute Sensor Web-System verwendete dazu den Sensor Observation Service (SOS) zur Zeitreihenübertragung, den Sensor Alert Service (SAS) und den Web Notification Service (WNS) für die Alarmierung und Benachrichtigung sowie einen prototypische Klienten zur Zeitreihenvisualisierung und der Bildung eines Alarmierungsmodells. Der dabei eingesetzte Sensor Observation Service der Firma 52°North besitzt die Grundfunktionalitäten der SOS-Spezifikation sowie zusätzliche Methoden für die Datenbankanbindung, die Zeitreihengeneralisierung, die freie und dynamische Erstellung von SensorML-Dokumenten und die Mehrsprachenfähigkeit. Die SAS Implementierung der Open Source Community nutzte als Backend eine objektorientierte Datenbank und erfüllt die Aufgabe der Persistenz. Die zusätzliche Operation „SOSAdvertisement“ ermöglichte das Bekanntmachen eines Sensors, dessen Messungen von einem SOS bereitgestellt wurden. Der Benachrichtigungsdienst WNS wurde in der Versuchsdurchführung für den ereignisorientierten Versand von Emails und SMS eingesetzt.

Der Konfigurationsaufwand zum damaligen Zeitpunkt war als hoch einzustufen. Die aufgebaute Sensor Web Architektur erfüllte jedoch alle Anforderungen, um den Ansatz weiter zu verfolgen und in laufende Wirksysteme zu integrieren.

Mit den Erkenntnissen des Sülfeld Experiments wurde 2008 für das gewässerkundliche Portal „Pegelonline“ (www.pegelonline.wsv.de) der SOS von 52°North weiterentwickelt und in die Pegelonline-Architektur integriert. Kern der Applikation (siehe Abbildung 3) ist ein Soap-Webservice-Klient, der die Soap-Webservice-Schnittstelle von Pegelonline als Datenquelle für den Sensor Observation Service verwendet.

Zur Laufzeit werden die Operationen, wie die Generalisierung von Zeitreihen, die dynamische Generierung der Capabillities- und SensorML-Dokumente (Get-Capabilities, DescribeSensor) sowie der eigentliche Messdatenabruf (GetObservation) mit den

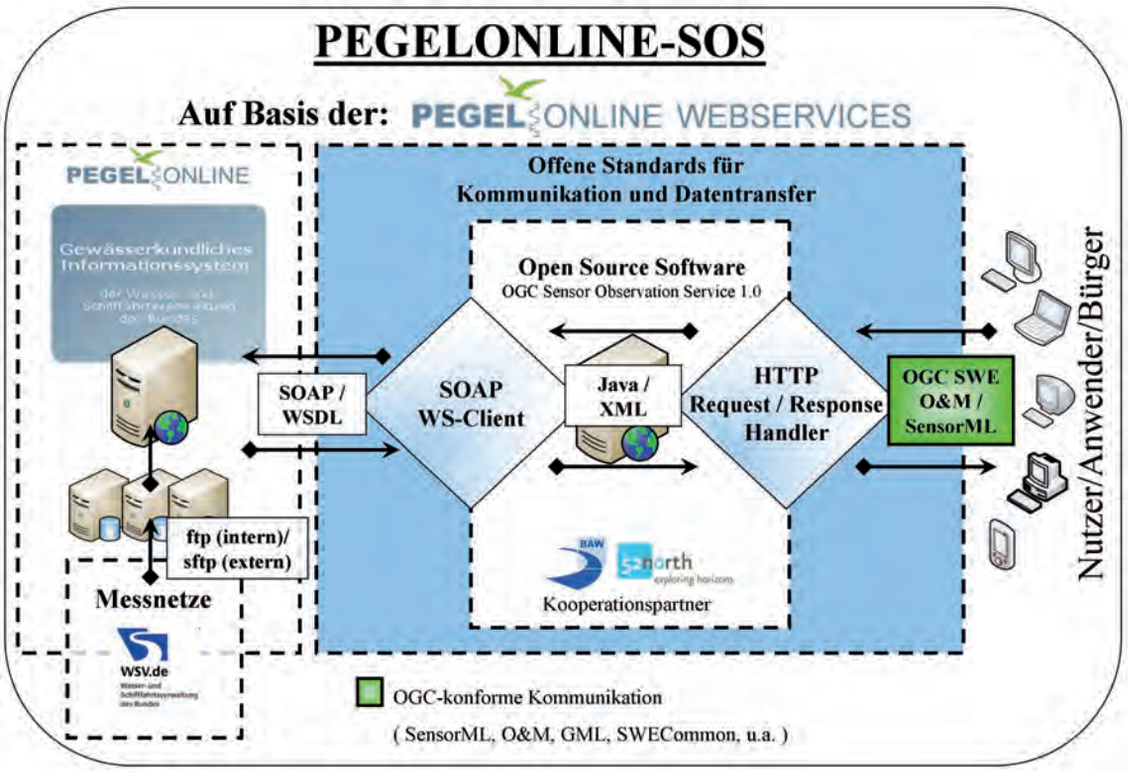



*Abbildung 3: Kaskadierende Webservicearchitektur – Pegelonline-SOS*

vom Soap-Webservice gelieferten Daten gefüllt. Für die optionale SOS-Operation „GetFeatureOfInterest“ wurde eine zur Laufzeit ausgeführte Koordinatentransformation in das vom Klienten angeforderte geografische Referenzsystem implementiert. Auch die Koordinaten werden vom Soap-Webservice geliefert und über den Soap-Webservice Klienten in die SOS-Operationen überführt. Die produktive Instanz des Sensor Observation Services ist unter http://www.pegelonline.wsv.de/webservices/gis/sos zu finden.

Die als Forschungsarbeiten begonnene Betrachtung der OGC SWE Spezifikationen und Dienste zeigte im Verlauf der beiden Projekte ihre hohe Relevanz für den Einsatz in laufende IT-Entwicklungen. Die Forschungsergebnisse verdeutlichten, dass durch eine konsequent betriebene und weltweit abgestimmte Standardisierung in der Datenübertragung von Sensordaten, Systeme gleich, abgestimmt und wirtschaftlicher entwickelt werden können.

## KONZEPTE, SOFTWARE, DATEN

Mit der Finanzierung des Sensordaten-Investitionsprogramms des Bundes konnten die SensorWeb-WSV-Erkenntnisse in Musterlösungen einfließen. Diese Musterlösungen umfassen konzeptionelle und technische Arbeiten und sind in die Programm-Pakete „Konzepte“, „Software“ und „Daten“ untergliedert. Sie behandeln exemplarisch die gewässerkundlichen Daten und Fachsysteme des Bundes mit der Zielrichtung die Ergebnisse auf andere Sensordatensysteme zu übertragen.

In dem Programmpaket „Konzepte“ steht die Vereinheitlichung der Kommunikations- und Übertragungsprotokolle in der Pegeldatenübertragung der WSV sowie allen weiteren Sensorerfassungssystemen im Vordergrund.

Die Konzepte sind die Weiterführung der Entwicklung eines gemeinsamen hydrologischen Datenprotokolls zum Datenaustausch zwischen Bund und Ländern und der Entwicklung von XHydro (hydrologisches Zeitreihenformat des Bundes) auf internationaler Ebene. Im Laufe des Jahres 2009 hat das DLZ-IT BMVBS die Ergebnisse von Sensor Web-WSV und dem Zeitreihenaustauschformat XHydro in die OGC Arbeitsgruppe Hydrology DWG, die sich im März 2009 gegründet hat, eingebracht. Hier wurde beschlossen, ein gemeinsames zum Austausch hydrologischer Daten auf der Basis von OGC Webservices zu entwickeln. Diese gemeinsame Entwicklung erfolgt seit Beginn 2010 unter der Bezeichnung WaterML2.0. Zur technischen Begleitung und zum Test der Entwicklung von WaterML2.0 wurde 2009 ein Grundwasser Interoperability Experiment (IE) gestartet, dem 2010 ein Oberflächenwasser IE folgt. Das DLZ-IT BMVBS ist einer der Initiatoren dieses Experiments, das vom CSIRO (Commonwealth Scientific Industrial Research Organisation) in Australien koordiniert wird.

Die WaterML2.0-Spezifikation wird neben den Spezifikationen von SWE Common, O&M und SensorML in der Entwicklung des SWE 2.0 Dienststandards berücksichtigt. Hier erfolgt eine Weiterentwicklung der Dienste SOS und SAS/SES unter den Schwerpunkten (i) intuitiv bedienbarer Software Klienten, (ii) verbesserte und flexible Generalisierungsverfahren für Zeitreihen, (iii) Qualitätssicherung von Sensordaten und (iv) dem Aufbau von Systemen zur Suche nach SWE-Diensten, Sensordaten und Sensoren.

Der dritte Baustein „Daten“ Projekte, die eine vollständige digitale Erfassung von Sensordaten und damit die Verfügbarmachung für die SWE-Technologie, ermöglichen. Beispiel ist die digitale Erfassung von Pegeldaten, die bisher nur analog vorliegen. Meist bestehen digitale Messdaten nur für die letzten Jahre, weisen Lücken auf oder sind auf einzelnen Rechnern ohne Datenbeschreibung nicht mehr zuordbar. Im Rahmen dieses Programmpaketes werden analoge Datenarchive erschlossen und digital verfügbar bereitgestellt. Zusätzlich steht die Entwicklung von universell eindeutigen IDs (UUIDs bzw. GUIDs) im Vordergrund. Diese spielen in der Konzeption für die nächste Generation von Webservices eine wichtige Rolle, da sie

gewährleisten, dass Objekte in einer serviceorientierten Architektur (SOA) eindeutig referenzierbar sind. Innerhalb der WSV ist die Einführung von UUIDs von Bedeutung für die Identifizierung von Messstationen und Zeitreihen. Über sie lassen sich die Bezüge zwischen unterschiedlichen Fachsystemen eindeutig auflösen.

## SENSOR WEB UND GDI

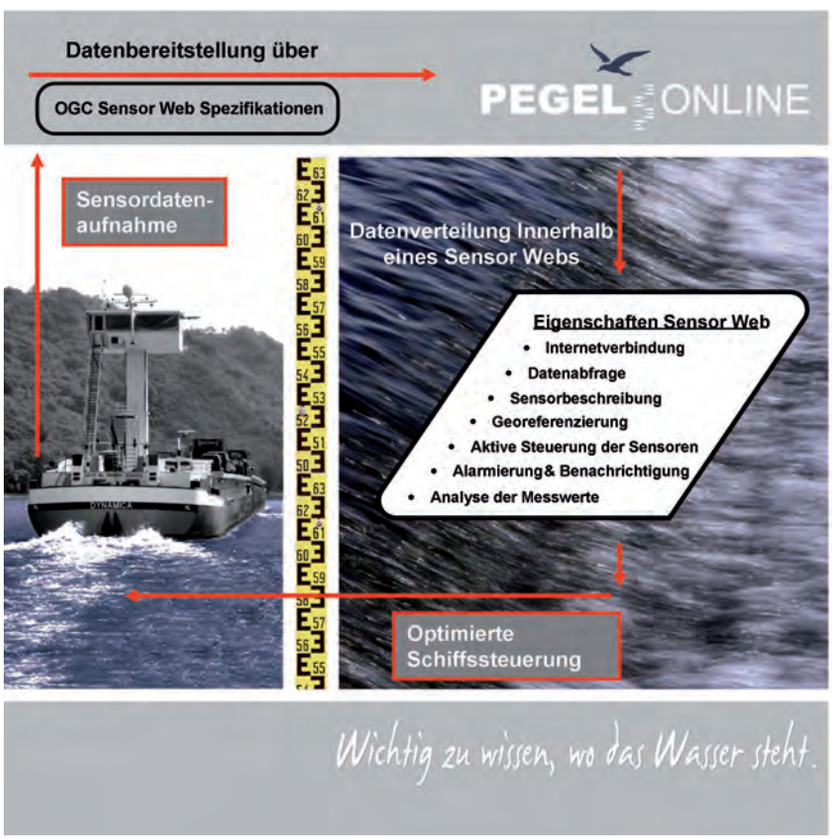
In der Entwicklung von Musterlösungen spielt die Übertragbarkeit der Ergebnisse eine zentrale Rolle. Dies beinhaltet die konzeptionelle Entwicklung genauso wie die Entwicklung von Software und Mechanismen zur Vervollständigung oder dem Aufbau von Datenarchiven. Im Bereich der Softwareentwicklung liegt daher der Fokus auf der Verwendung von Open Source Software (OSS). Im konzeptionellen Bereich und dem Aufbau und der Vernetzung von Datenarchiven wird neben den generellen Sensor Web Konzepten der Idee der UUIDs eine wichtige Rolle zu fallen.

Neben der Übertragung auf andere Sensor Websysteme ist die Integration von Sensordaten in Geodateninfrastrukturen der der zentrale Schritt um die anfangs aufgezeigte Vision eines Sensor Webs zu erzielen. Erst dann werden Sensornetzwerke der Bezeichnung von Geosensornetzwerken gerecht und können mit räumlichen Daten und Transportprozessen verknüpft werden. Gerade hierin ist zukünftig der Mehrwert der Standardisierung zu sehen.

Exemplarisch hat das DLZ-IT BMVBS begonnen den Sensor Observation Service in Verbindung mit einem Web Feature Service zur Beschreibung der vektorbasierten Objekte entlang der Wasserstraßen zu nutzen. Hierbei wird der Pegelonline SOS zur Beschreibung der aktuellen Wasserstände und die Dienste WFS und WMS zur Beschreibung und zur Darstellung der Wasserstraße und der einzelnen Wasserstraßenobjekte innerhalb der Geodateninfrastruktur der WSV eingesetzt. Durch die Verknüpfung von Zeitreiheninformationen mit den Lageinformationen der Stationen und deren geographischer Lage im Raum (spricht der Wasserstraße) entsteht ein Netzwerk, das Messwerte regelbasiert ( über die Funktion der Entfernung) von Objekt (Station) zu Objekt transportiert. Dies ermöglicht die Abfrage von Wasserstandsinformationen an allen Objekten entlang der kompletten Flussstrecke.

Zusätzlich fließen die Ergebnisse des Forschungsprojektes „Optimierung der Befahrbarkeit von Flüssen“ der Bundesanstalt für Wasserbau in Karlsruhe in die Optimierung dieser Anwendung ein. Hierbei wird versucht, die Transportprozesse (Fließgeschwindigkeit des Flusses selbst und die optimale Fahrt eines Schiffes), die abhängig von Parametern der Wasserstraße (wie z.B. Tiefe, Strömung, Uferform, Flussverzweigung und Zufahrten zu Wehren und Schleusen) sind, zu verbessern. Außerdem spielen in engeren Flüssen Schiff-Wasserstraße-Effekten eine nicht zu unterschätzende Rolle. Diese sind unter anderem abhängig von der Fahrzeugzusammenstellungen und der Nutzung von modernen Bug- und Heckruderanlagen. Diese Informationen werden zukünftig zusätzlich für Schiff und Wasserstraße hinterlegt, so dass die Nutzung von SOS (auch SAS/SES), WFS und WMS eine geeignete Infrastruktur zum kompletten Management der Schifffahrt bereitstellt. Ziel ist die Einführung von Sensor Web in die Verkehrstelematik, da so aktuelle Wasserstandsdaten positionsgenau bereitgestellt werden (siehe Abbildung 2).

Der Blick in die Zukunft zeigt das große Potenzial zur Erfassung, Beschreibung und Auswertung von Prozessen durch die Verknüpfung von Sensor- und Geodaten. Wie die Beispiele verdeutlichen ist eine Grundvoraussetzung hierfür die Entwicklung und Nutzung von weltweit abgestimmten Standards, wie dies im Rahmen der OGC für Sensor- und Geodaten erfolgt. ◀




*Pegelonline ist das gewässerkundliche Informationssystem der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes. Hier gibt es kostenlos tagesaktuelle Messwerte. www.pegelonline.wsv.de*


AUTOREN:

Christian Michl
Dietmar Mothes
Roman Klipp

Dienstleistungszentrum IT
im Geschäftsbereich des BMVBS
bei der Bundesanstalt für Wasserbau
Referat IT-Einsatz im technischen Bereich
Am Ehrenberg 8
D-98693 Ilmenau

T: +49 3677 6692220
E: dietmar.mothes@dlz-it-bvbs.bund.de
E: michl@grapevine.com.au