

Föderal organisierte embedded Sensormessnetze zur Integration Lokations- bezogener ‚live‘ Information in GI-Systeme

Manfred Mittlboeck, Research Studios Austria, manfred.mittlboeck@researchstudio.at

In den nächsten Jahren wird es durch die breite Verfügbarkeit von günstigen Sensoren z.B. für Umwelt, Klima, Verkehr etc. zu einer dramatischen Änderung der Datenaufnahme und Bereitstellung von Geodaten kommen. Durch die Abkehr von monolithischen Systemen hin zu internetbasierten Diensten in der Informationstechnologie ist auch im Bereich der Geoinformation eine dezentrale aber konzeptionell einheitliche Verfügbarkeit von Information unter Verwendung von Geodiensten anzustreben. Bedingt durch den hohen Postprocessing-Aufwand gibt es zurzeit oft starke Defizite in der Aktualität der bereitgestellten Informationsschichten. Eine wesentliche Herausforderung für die Zukunft liefert daher die Verarbeitung von sehr großen Datenmengen in Echtzeit sowie die Generierung von dynamischen GIS-Datenbeständen, vor allem die „real-time“ Auswertung von ubiquitärer, flächendeckender Sensormessinformation.

Im Bereich der Qualitätssicherung für räumliche Analysen lag in den letzten Jahren das Hauptaugenmerk in der Verbesserung der Merkmale ‚Genauigkeit‘ und ‚Vollständigkeit‘ räumlicher Datenschichten (z.B. Navigationsgeräte). Aufgrund des oft sehr hohen Nachbearbeitungs- Aufwandes ist es hingegen auch heute noch eine große Herausforderung das Qualitätsmerkmal ‚Aktualität‘ in der Bereitstellung räumlicher Ressourcen zu erfüllen. Derzeit existieren kaum einfache Schnittstellen für die Bereitstellung und Einbindung von standardisierter Echtzeitmessinformation, die durch das Open Geospatial Consortium im Rahmen der Sensor Web Enablement (SWE) Initiative definiert wurden, in Geoinformations- Softwareprodukte. Das Forschungsstudio iSPACE stellt sich die Aufgabe, für die weitere Verarbeitung in räumlichen Visualisierungs- und Analysemethoden standardisierte Sensor Observation Service Dienste über bereits anerkannte und weit verbreitete Schnittstellen (OGC WFS und WFS) bereit zu stellen, bzw. mit proprietären Erweiterungen, diese optimiert in GI- Software für die weitere Analyse zu integrieren.

Ziel und Herausforderung

Ziel ist die Entwicklung von föderal organisierter Sensormessnetzen für die indikatorbasierte "real-time geo-awareness", also der Erfassung, Auswertung und Verteilung von Umweltinformation. Als Messinstrumente kommen dabei herkömmliche Sensoren zur Messung von Umweltparametern wie beispielsweise Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Strahlungs- und Biometrie- Parameter zum Einsatz.

Das System basiert auf einer prototypischen Implementierung eines stationären/mobilen Sensornetzwerkes zur Messung der Umweltmessgrößen Temperatur und Luftfeuchtigkeit. Als Basis für die standardisierte Kommunikation dient „Sensor Web“ Technologie, die für Netzwerke von Sensoren steht, welche intelligent miteinander kommunizieren und (re-)agieren. Als Messfühler kommen dabei herkömmliche Sensoren zur Messung von Umweltparametern wie beispielsweise Lufttemperatur, Strahlungsparameter usw. aber auch Fernerkundungssensoren, Kameras sowie beliebige Sonden zum Einsatz. Genau diese Möglichkeit, verschiedenartige Sensoren zu kombinieren und Informationen in

Echtzeit zusammenzuführen, bietet ein enormes Potenzial für „real-time“ oder „near real-time“ Anwendungen, das aber noch erschlossen werden muss. Die Standardisierung in diesem Bereich beschränkt sich vorerst auf die Schnittstellendefinition und den Informationsaustausch selbst und wird über die Open Geospatial Consortium (OGC) Sensor Web Enablement (SWE) Initiative definiert.

Die wissenschaftliche Herausforderung liegt dabei in der Konzeption eines Frameworks, das es ermöglicht mit unterschiedlichen Bausteinen standardisiert aufbereitete Messinformation ‚live‘ in unterschiedlichste Geoinformationssysteme einzubinden. Dabei werden zwei Ansätze verfolgt, einerseits die direkte Integration in das COTS – GIS Produkte (z.B. ESRI ArcGIS), sowie die Integration in das Open-Source Geo-Web-Service Projekt Geoserver. Geoserver fungiert dabei als Übersetzungsservice von OGC SOS nach OGC Web Feature Service und KML als auch geoRSS. Diese Module ermöglichen die standardisierten Sensor SOS Responses on-the-fly in Geoinformations-Software einzubinden.

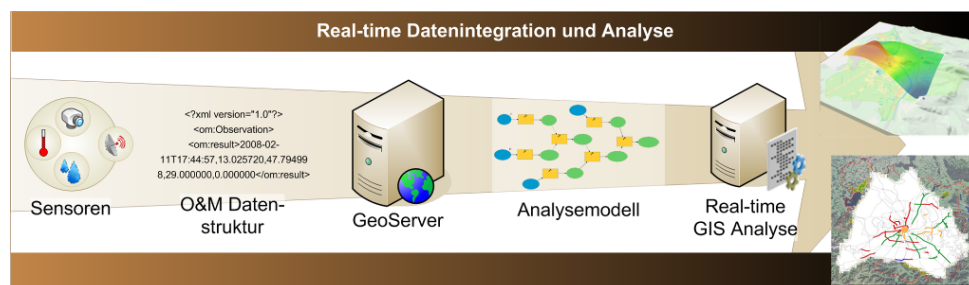


Abb. 1: Workflow der Real-time Datenintegration und anschließender GIS-Analyse.

Methodische Grundlagen

Als Ausgangspunkt für den Projektstart stand die Ermittlung von Bedarfsprofilen, also die Definition und Planung jener Lösungsansätze, die es domänenspezifisch ermöglichen, Messinformation integrativ in (bestehende) Arbeitsprozesse einzubinden. Grundlage war dabei der Zugang der Informationsbereitstellung mit automatischer serverbasierter Datenauswertung mit Hilfe individueller Benutzerprofile, die eine Auswahl von Sensoren sowohl nach thematischen als auch nach regionalen Kriterien ermöglichen. Dies spielt in Bereichen, die stark von Luftqualität und damit zusammenhängender meteorologischer Information abhängig sind, wie z.B. Gesundheitsvorsorge, Sicherheitsmanagement, diverse Forschungsgebiete oder Zeitplanung in vielerlei Hinsicht, eine primäre Rolle. Die Kommunikation innerhalb des Sensor Web sowie die Schnittstellendefinition nach außen geschieht auf Basis der SWE-Standards. Dies erfordert eine OGC SensorML-konforme Beschreibung des Sensors und der Plattform sowie eine Kapselung der Messdaten gemäß dem O&M-Standard. Außerdem steht eine Embedded Datenbank für eine interimistische Speicherung der Messdaten zur Verfügung.

Pervasive System Design:

Um die Integration von ortsbezogenen Sensormessungen, bestehenden Geodaten und Satellitenbildinformation in einer ‚live‘ Geo-Services Infrastruktur bewerkstelligen zu können wurde ein Software Baukasten erarbeitet und entwickelt, der es ermöglicht, ‚live‘ Messungen von Embedded Devices, die über offene Standards der Open Geospatial Sensor Web Enablement Initiative (OGC SWE) kommunizieren in ‚nahzeitliche‘ geographische Analyseprozesse zu integrieren. Als Messinstrumente kommen dabei herkömmliche Sensoren zur Messung von Umweltparametern wie beispielsweise Lufttemperatur, Strahlungsparameter usw. aber auch Biometrie- Sensoren (z.B. Puls, Sauerstoffsättigung), sowie beliebige andere Sonden zum Einsatz. Das System ermöglicht also die Implementierung eines stationären, wie mobilen GPS-gestützten Sensornetzwerkes zur Messung unterschiedlichster ‚Umwelt‘- Messgrößen.

Eine der Hauptentwicklungen stellt dabei die Entwicklung eines auf Embedded Linux (Open Embedded) basierenden Prototyps dar, über dessen Software-Komponenten die Messwerte der angeschlossenen Sensoren über das in Embedded C entwickelte standardisierte Sensor Observation Service (OGC SOS) über HTTP abgefragt werden können. Mit dem in Embedded C++ entwickelten Sensor Alerting Service (OGC SAS) besteht zusätzlich die Möglichkeit auch über definierte Regelverletzungen (z.B. Der Pegelstand hat die Marke von 3 Metern überschritten) automatisiert informiert zu werden. Am mobilen Embedded System werden dafür Informationen nach folgenden Standards bereitgestellt:

- *Observations & Measurements (O&M)* – O&M ermöglicht die formalisierte Beschreibung von Sensormessungen in einem XML - Encoding. Diese Codierung ermöglicht die generalisierte Beschreibung von Messparametern, als auch deren Beziehung zueinander. Die Messergebnisse werden dabei Kategorien, Quantitäten sowie deren räumlicher und zeitlicher Ausprägung gegliedert
- *Sensor Observation Service (SOS)* – SOS ermöglichen den standardisierten Zugriff auf Sensormessungen und deren Plattformbeschreibung über ein Web Service Interface
- *Sensor Alert Service (SAS)* – SAS kann als Event-Processing Regelwerk betrachtet werden, deren Aufgabe es ist, vordefinierte Regeln zu überwachen und bei deren Verletzung Aktionen auszulösen

Im Vergleich zu General-Purpose Computern unterscheiden sich Embedded Devices, mit ihrer spezifischen Funktionalität und der Echtzeit - Tauglichkeit – entweder Hard oder Soft real time - und finden so ein breites Anwendungsspektrum, vom Netzwerkrouter bis hin zur Waschmaschine, vor. Die Hauptcharakteristika von Embedded Devices sind daher neben dem maßgeschneiderten Design für ein konkretes Anwendungsfeld,

- das integrative Design
- der Kostenfaktor und
- der geringe Energieverbrauch bis hin zu einer
- optimierten Software-Infrastruktur, angepasst an die
- eingeschränkten Möglichkeiten der Hardware Infrastruktur.

Derzeitige Implementierungen von Sensornetzwerken sind auf Grund ihrer proprietären Hardware, Sensortypen, Datenaustauschmethoden und Softwareinfrastrukturen meist

nicht miteinander kombinierbar. In der Entwicklung des Sensormoduls im vorliegenden Projekt wird deshalb besonderes Augenmerk auf die Kompatibilität mit in Ausarbeitung befindlichen ISO Normen, OGC Standards, auf für die Applikation ausreichendes Leistungsvermögen (CPU-Geschwindigkeit, Speicher, etc.) und auf die breite Einsetzbarkeit des Gerätes (Größe, Modifikationen, Robustheit, etc.) gelegt.

Basierend auf einem ARM7-Embedded Computer wurde ein Prototyp-Framework basierend auf Embedded Linux entwickelt, dass die Sensormessinformation in einer Embedded Datenbank organisiert und über standardisierte Schnittstellen (OGC SOS und SAS) bereitstellt. Herauszustreichen ist dabei die Integration NTRIP, einer automatisierten Korrektur der GPS Position, die eine real-time Korrektur der GPS-Position und damit eine Genauigkeitssteigerung auf 1-2m ermöglicht. Gemeinsam mit dem Mobilfunkanbieter „3“ wurde eine Logik implementiert, die es erlaubt das Mobile Embedded Device mit einer fixen IP-Adresse über das Internet anzusteuern.

Ein wichtiges Kriterium war es, für den Prototyp eine vom Stromnetz weitgehend unabhängige Energieversorgung zu schaffen. Erstrebenswert ist dabei die Minimierung des durchschnittlichen Energiebedarfs, um einen möglichst effektiven Einsatz in mobilen Systemen zu ermöglichen. Als Basis dafür dienten Leistungsparameter handelsüblicher Minicomputer (z.B. PDA's). Als Ziel wurde eine Leistungsaufnahme von unter fünf Watt für die Minimalversion der prototypischen Implementierung gesetzt, um eine (batteriebezogene) Betriebsdauer von mehreren Stunden garantieren zu können.

Um die empfangenen Messwerte in lesbare Messinformation überzuführen, mussten entsprechende hardwarenahe programmierte Schnittstellenprogramme in ‚C‘ entwickelt werden. Der Ansatz in diesem Bereich nicht auf Java zu setzen eröffnet wesentlich mehr Freiheitsgrade in der Anbindung unterschiedlichster Messsensoren. Im vergleich dazu ist es in Java oft ungleich schwieriger, wenn nicht fast (unter Beachtung der Kosten-Nutzen Analyse) unmöglich Sensoren, die nicht über die USB Schnittstelle angesprochen werden können, einfach zu integrieren

Für die Bereitstellung der Messwerte über SOS wurde ein CGI Web-Service implementiert. Als weiterer Schritt wurde mit Open-Source Jabber Server (Jabberd2) ein Chat Service implementiert, der es ermöglicht SAS Daten über das XMPP – Protokoll bereitzustellen.

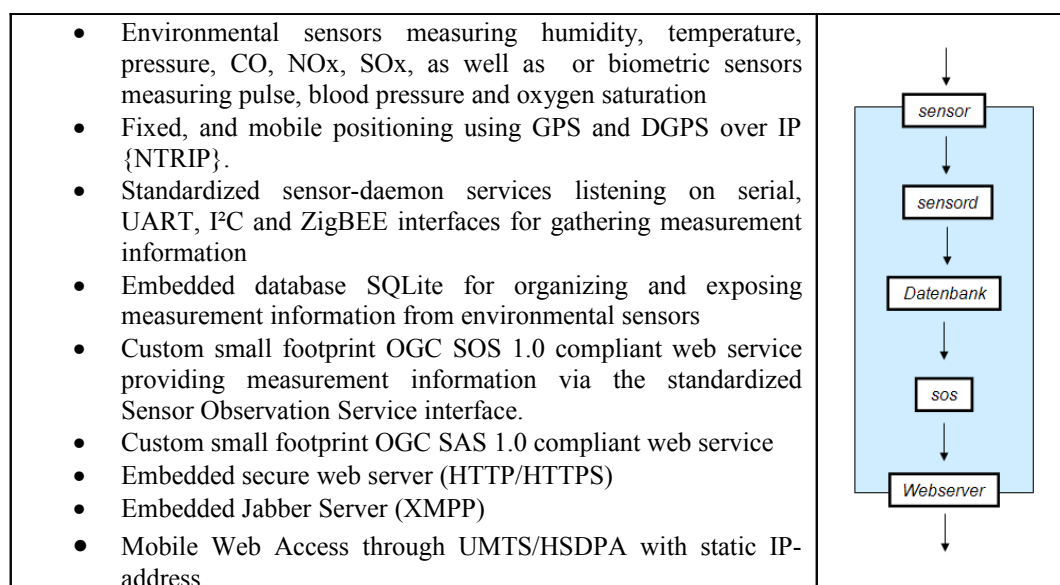


Abb. 2: Embedded System Design für die standardisierte Bereitstellung von Messinformation

Für die Verortung der Messwerte wurde ein duales System mit fixer Positionierung (configuration-file) für stationäre Sensoren bzw. mit GPS und dynamisch korrigierter Daten - DGPS über NTRIP - umgesetzt. NTRIP (Networked Transport of RTCM via Internet Protocol) ist ein HTTP - basiertes Übertragungsprotokoll und die Abkürzung für eine mittlerweile durch das Radio Technical Commission for Maritime Services (RTCM) standardisierte Methode, [Differential-GPS](#)-Daten (DGPS) über das Internet zu verteilen. Entwickelt wurde das System vom Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG, Frankfurt am Main) gemeinsam mit der Universität Dortmund. Gerade in Verbindung mit Mobilfunknetzen lässt sich damit eine sehr kostengünstige Qualitätssteigerung des GPS zur Laufzeit erreichen. Die Positionsgenauigkeit konnte mit diesem System in eigenen Feldtests für die Wolke an föderal organisierten mobile Sensoren auf unter einen Meter (<1m) gesteigert werden.

Zentrales Element in dieser System-Designs ist die, auf Open Source SQLite basierende Sensordatenbank, die die Messinformation von den Sensoren aufnimmt und über die Webservices SOS und SAS bereitstellt.

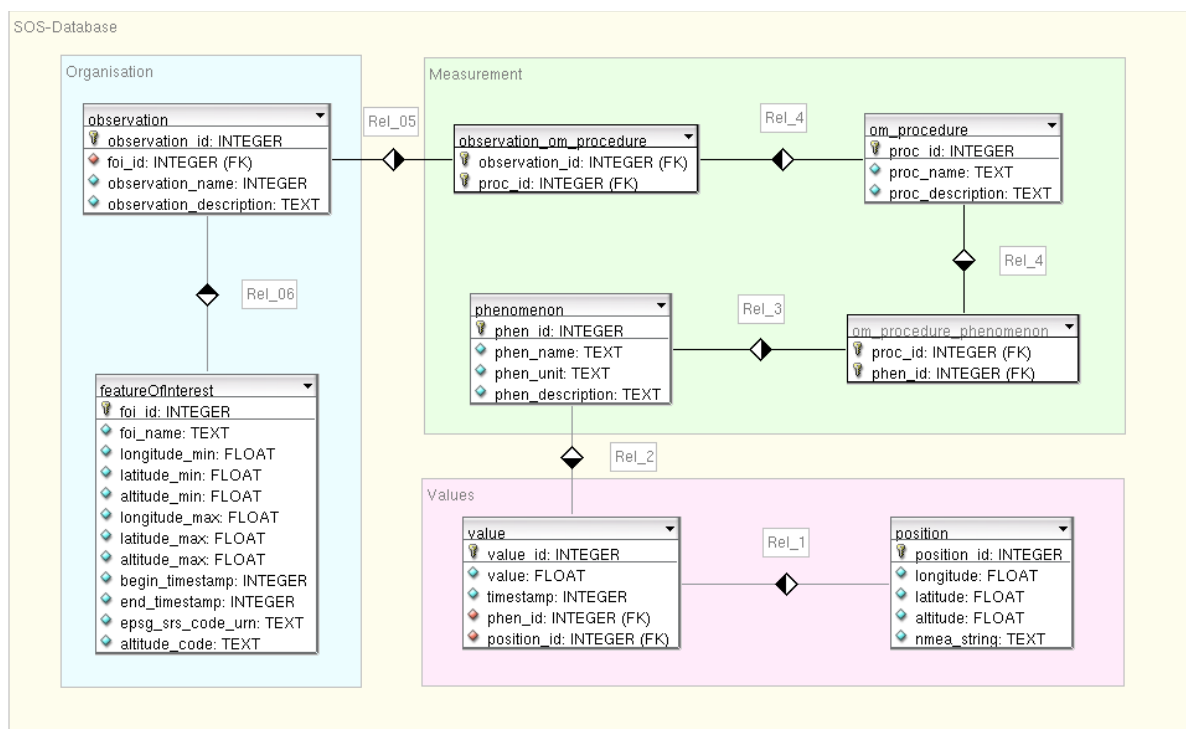


Abb. 3: EmbeddedDatenbank Design

Die Übermittlung der Messinformation erfolgt basierend auf dem Internetprotokoll TCP/IP. Prototypisch implementiert wurden dabei die Optionen mit dauerhafter Internet-Verbindung über LAN, Wireless LAN und UMTS & HSDPA womit die Messdaten standardisiert nach den Standards des OGC SWE (XML codiert) zu den Client und Serversystemen übertragen werden können. Die Implementierung für LAN und WLAN erfolgte anhand der Standardschnittstellen, die mit dem Prototyp Embedded Device im Linux Open Embedded entwickelt wurden.

Um die maximale Flexibilität/Mobilität sicherzustellen, wurde neben diesen „Standardverbindungen“ auch eine orts- unabhängige Verbindung mit UMTS/HSDPA umgesetzt. Diese Option ermöglicht es, in

Zukunft durch den einfachen Tausch der Modem- Hard-/Software andere Technologien für die WAN Funkübertragung wie TETRA/TETRA2 oder LTE/WIMAX anzupassen.

Integration in GI-Systeme

Um möglichst aussagekräftige GI-Analysen durchführen zu können, müssen die zugrundeliegenden Datenebenen Qualitätskriterien bezüglich Genauigkeit, Vollständigkeit und Aktualität erfüllen. Während in den letzten Jahren durchwegs der Aufbau von Geodatenbeständen unter Berücksichtigung von Genauigkeit und Vollständigkeit im Vordergrund stand, wird zunehmend der Faktor Aktualität hinsichtlich der Durchführung nahzeitlicher Analysen immer bedeutender. Mit der transparenten Integration von OGC Sensor Web Enablement (SWE) Information über anerkannte OGC Schnittstellen für Vektor- und Rasterdienste, wird die Verwendung von Echtzeitmessinformation in bestehenden Softwaresystemen erheblich erleichtert und damit eine real-time GI-Analyse ermöglicht.

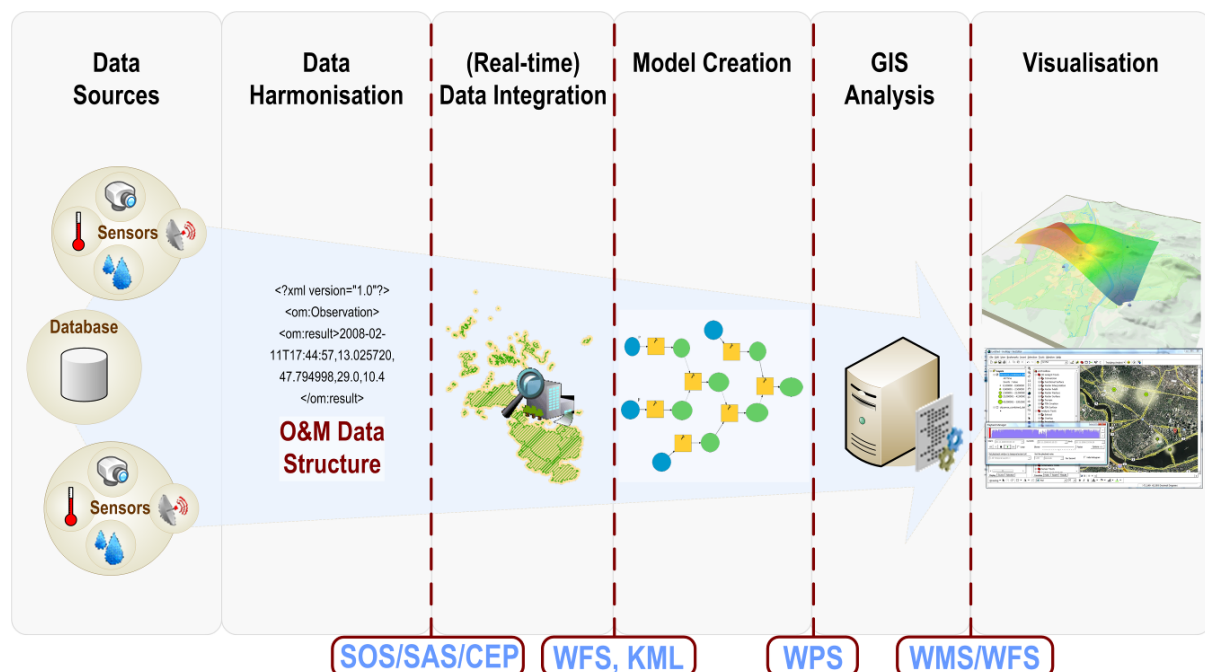


Abb. 3: Workflow ‚live‘ Integration in GI-Systeme

Die so erfassten ‚live‘ Sensormessungen können mit einer datastore-Erweiterung für das Open Source Projekt Geoserver on-the-fly in standardisierte räumliche Informationsservices wie, OGC Web Feature Services und OGC KML als auch in geoRSS übergeführt werden und können so sehr einfach in alle gängigen COTS und Open Source GI-System übernommen werden. Mit der transparenten Integration von OGC Sensor Web Enablement (SWE) Information über anerkannte OGC Schnittstellen für Vektor- und Rasterdienste, wird die Verwendung von Echtzeitmessinformation (= „dynamic“ in-situ Information) in Geoinformations- und Analysesysteme erheblich erleichtert.

Archivierung:

Ein weiterer wichtiger Aspekt beim Aufbau einer Gesamtinfrastruktur ist die Archivierung der Messdaten und deren Verwaltung, um sie für weitere Verarbeitung in räum-zeitlichen Analysemodellen effektiv zugänglich zu machen. Von jeder Sensoreinheit werden dazu die gemessenen Werte aggregiert in bestimmten Zeitintervallen über OGC SOS an einen zentralen Server geschickt, mit einem Java basierten Softwaremodul raum-zeitlich aufbereitet und in der Open-Source Geodatenbank PostGIS gespeichert. Das Sensorgerät selbst muss also eine kleine Speichereinheit und die Fähigkeit besitzen, die gesammelten Daten über OGC SOS bereitzustellen. Aktuelle Messdaten können mit Hilfe dieser Datenbank am Embedded Device mit einer gewissen Historie gespeichert werden. Getestet wurde das System mit ca. 20.000 location-enabled Messdaten, was am Device einem Speicherbedarf von ca. 1MB benötigt. Für Archivierungszwecke gilt es jedoch, die gesammelte Messinformation aller Sensoren für z.B. Langzeitanalyse zu speichern. Diese Messwerthistorie wird somit automatisiert bei jedem Archivierungszyklus (adaptierbar – z.B. ein Mal täglich) in einen OGC Simple Feature Objects (SFO) konformen Geodatensatz überführt und in der Geodatenbank gespeichert.

Fazit:

Der innovative Ansatz der ‚Live‘ - Integration von Sensormesswerten basierend auf anerkannten und weit verbreiteten OGC Standards, sowie der zukünftigen Anwendung in serverbasierten Analyseframeworks in Kombination mit bestehenden Daten ermöglicht eine wesentliche Qualitätssteigerung räumlicher Analyseergebnisse, da nun neben der Genauigkeit und Vollständigkeit der Datengrundlagen auch die Aktualität als Qualitätsmaßstab in den Analyseprozess integriert werden kann.

Die Lösung mit föderal Organisierten Sensormessnetzen bietet einen entscheidenden Vorteil gegenüber anderen aktuellen Ansätzen: derzeit wird die Integration von Sensordaten in GIS-Analysesysteme meist über den aufwändigen Umweg einer temporären physischen Datenbank auf einem zentralen Server implementiert. Dies birgt einerseits die Gefahr eines Bottlenecks für große Datenmengen in sich, und fügt andererseits eine weitere Komponente zum Gesamt- Workflow hinzu, die sich stark Performance mindernd auswirken kann. Deshalb wurde im für den Ansatz einer transparenten ‚on-the-fly‘ GI-Integration der Messdaten das Konzept föderal organisierter Sensormessnetze gewählt.

Literatur:

Botts, Mike (Hrsg.) (2006) OpenGIS Sensor Model Language (SensorML) Implementation Specification. <http://www.opengeospatial.org>, OpenGIS Implementation Specification, Version 1.0, 1. Februar 2006 (12. März 2006).

Mittlboeck, M. and Resch, B. (2008) Standardisierte Integration von Real-time Sensormessungen für Zeitnahe GIS-Analyse. In: Strobl, J., Blaschke, T., Griesebner, G. (Eds.): Angewandte Geoinformatik 2008, Wichmann Verlag, Heidelberg, pp. 112-117.

Resch, B., Mittlboeck, M., Girardin, F., Britter, R. and Ratti, C. (2009) Real-time Geo-awareness - Sensor Data Integration for Environmental Monitoring in the City. IN: Proceedings of the IEEE International Conference on Advanced Geographic Information Systems & Web Services – GEOWS2009, 1-7 February 2009, Cancun, Mexico.

RESCH, B. UND MITTLBÖCK, M. (2007) Einbindung von Echtzeitmessinformation in Geographische Informationssysteme. In: Strobl, J., Blaschke, T., Griesebner, G. (eds.): Angewandte Geoinformatik 2007, Wichmann Verlag. - Heidelberg, 615-620.

Simonis, Ingo (Hrsg.) (2005) OpenGIS Sensor Alert Service Implementation Specification. <http://www.opengeospatial.org>, OpenGIS Implementation Specification, Version 0.2.0, 10. Oktober 2005 (9. März 2006).