

## **Standardisierte Internetdienste bei der mobilen GIS-Datenerfassung**

Stephan Mäs und Wolfgang Reinhardt, Neubiberg

### ***Einführung***

Das Internet ist auf dem Weg in der Gesellschaft eine ähnlich Verbreitung wie z.B. das Fernsehen zu erlangen. Laut einer Erhebung von Computer Industry Almanac Inc. (Quelle: <http://www.c-i-a.com/pr0904.htm>) nutzen inzwischen fast 1 Mrd. Menschen weltweit das Internet!

Im Bereich der Geoinformationssysteme wurde Internettechnologie zu Beginn der 90er Jahre eingeführt. Dabei stand zunächst die reine Darstellung von Kartenausschnitten im Internet im Vordergrund, was mit Hilfe dieser Technik von Beginn an auf relativ einfache Weise möglich war. Ca. Mitte der 90er Jahre brachten die GIS-Software-Hersteller sog. Map-Server auf den Markt, welche die Publikation von Geodaten (in Form von Karten) über das Internet ermöglichen. Im weiteren ist die Internettechnologie dann auch im GIS-Bereich zur Schlüsseltechnologie geworden und hat maßgeblich zur weiten Verbreitung von Geoinformationssystemen in unterschiedlichsten Anwendungsgebieten beigetragen.

Neben der Publikation von Karten erlangte auch der Vertrieb von Geodaten sowie die Nutzung von GIS-Funktionalität über das Internet eine hohe Bedeutung. Ein wichtiger Meilenstein für GIS und Internet wurde erreicht als das 1994 gegründete OGC (Open GIS Consortium, jetzt Open Geospatial Consortium, siehe: [www.opengeospatial.org](http://www.opengeospatial.org)) Ende der 90er Jahre des vergangenen Jahrhunderts die Internettechnologie in den Vordergrund stellte, was dann zur Entwicklung der im nächsten Abschnitt erläuterten standardisierten Internetdienste (Web-Services) führte.

Entwicklungen wie GSM/GPRS, UMTS oder auch WLAN sowie von entsprechenden Endgeräten wie PDA's oder Tablett-PC's ermöglichen heute auch die Nutzung des Internets durch mobile GIS-Anwender [Meng, et al, 2005]. Insgesamt ist festzuhalten, dass zum heutigen Zeitpunkt die produkt-unabhängige Nutzung von Geodaten über standardisierte Internetdienste, sowohl für stationäre als auch für mobile Nutzer zur Wirklichkeit geworden ist.

In diesem Beitrag werden die Möglichkeiten der Nutzung von standardisierten Internetdiensten bei der mobilen GIS-Datenerfassung diskutiert. Im folgenden Abschnitt erfolgt ein Überblick über die standardisierten Internetdienste des OGC. Danach werden die Gebiete der mobilen Datenerfassung sowie der Qualitätssicherung und der Sensoranbindung kurz skizziert. Schließlich wird das Thema an Hand eines Anwendungsbeispiels illustriert und in einer Zusammenfassung bewertet. Die Konzeption, prototypische Implementierung und Erprobung der in diesem Papier vorgestellten Lösung zur mobilen GIS-Datenerfassung erfolgte im Rahmen des Verbundprojektes „Weiterentwicklung von Geodiensten“ (<http://www.geoservices.uni-osnabrueck.de/>). Information zu diesem Projekt findet sich auch in [Breunig et al, 2005].

### ***Standardisierte Internetdienste***

Wie bereits angedeutet kommen Geoinformationssysteme heute in den verschiedensten Disziplinen zum Einsatz, wobei die benötigten Daten in steigendem Maße über das Internet ausgetauscht und vertrieben werden. In der Vergangenheit war dieser Austausch oft durch proprietäre Datenformate und Schnittstellen und die häufig notwendige manuelle Nachbearbeitung sehr

zeitintensiv und fehlerbehaftet und damit wenig effektiv. Die vom OGC festgelegten Standards sollen diese Probleme lösen und einen freien Zugang auf bzw. den Austausch zwischen verschiedenen heterogenen Geodatenbeständen über das Internet ermöglichen. Hierfür definiert, testet und veröffentlicht das OGC Schnittstellen und Datenformate, welche die Interoperabilität zwischen verschiedenen Geodatenbeständen, Diensten und Anwendungen gewährleisten sollen. Die enge Zusammenarbeit mit der ISO (International Organisation of Standardisation, [www.iso.org](http://www.iso.org)) stellt die Integration dieser Standards in internationale Normen sicher.

Für die verschiedenen Arten von Geodaten wurden entsprechend angepasste Schnittstellen entworfen, bzw. sind derzeit noch in der Entwicklung. Einige der wichtigsten sind:

- **WebMappingService (WMS):** Stellt Geodaten in Form von Karten (z.B. im JPG- oder SVG- Format) über das Internet bereit. Über den WMS können Daten aus unterschiedlichen Informationsebenen oder Datenbanken zusammengeführt und als Karte präsentiert werden. Die zugrundeliegenden Daten können auch von verschiedenen anderen Diensten stammen.
- **WebFeatureService (WFS):** stellt diskrete räumliche Objektdaten („Geoobjekte“, engl.: Features) incl. ihrer Geometrie- und Sachdaten bereit. Die Übertragung erfolgt unter Nutzung von GML (Geography Markup Language) [OGC 2002b]. Mit Hilfe von GML können nicht nur Geoobjekte sondern auch deren Datenschemabeschreibung zur Verfügung gestellt werden. [OGC 2002a]
- **WebCoverageService (WCS):** liefert räumlich verteilte Daten in Rasterform wie Luft- oder Satellitenbilder sowie Digitale Geländemodelle in Dreiecks- oder Gitterform oder als Höhenlinien.
- **WebCatalogService:** stellt Metadaten zu den Daten anderer Services mit entsprechenden Referenzen bereit
- **WebTerrainService (WTS):** berechnet perspektive Ansichten auf Digitale Geländemodelle und andere Oberflächendaten und liefert diese als Bild (z.B. im JPG-Format)
- **Web3DService (W3DS):** liefert 3D Szenen die im Unterschied zum WTS erst clientseitig berechnet werden.

Darüber hinaus sind Prozessdienste in Entwicklung, die ihre Funktionalitäten über das Internet bereitstellen, wie beispielsweise:

- **WebProcessingService (WPS):** ermöglicht den Zugriff auf Berechnungen und Modelle die räumlich referenzierte Daten verarbeiten.

Eine wichtige Gemeinsamkeit aller dieser Schnittstellen ist, dass sich die Dienste bezüglich ihrer Inhalte und Funktionalitäten selbst beschreiben. Jede standardkonforme Implementierung der Schnittstellen muss in der Lage sein, auf eine sog. „GetCapabilities“- Abfrage mit den entsprechenden Metadaten des Services zu antworten. Diese Metadaten beinhalten u.a. Informationen wie die Art des Dienstes, Version der Schnittstellenspezifikation, Daten zum Dienstanbieter, eventuelle Nutzungsgebühren, die unterstützten Operationen der Spezifikation und jeweils angepasste kurze Beschreibungen der bereitgestellten Daten bzw. Dienste. Dies bedeutet, dass ein Nutzer auch ohne Vorwissen auf den Service zugreifen kann, da er über die „Get Capabilities“ – Anfrage Informationen über die Angebote des Services bekommt, die er dann in den nachfolgenden Anfragen nutzen kann.

## ***Mobile Datenerfassung***

Mobile GIS werden seit vielen Jahren auf der Basis von Notebooks, Tablett-PC's oder sogar PDA's vor allem für Auskunftszwecke eingesetzt. Die Daten werden dabei in der Regel vor Beginn der Außendiensttätigkeit vom stationären auf den mobilen Computer überspielt. Jedoch ist es auch möglich, dass ein mobiler Nutzer im Felde über die oben erwähnten Technologien wie GSM/GPRS oder UMTS auf beliebige Server zugreift. Da moderne Client/Server Architekturen in der Regel auf TCP/IP basieren, kann er dabei auch die oben beschriebenen standardisierten Internetdienste nutzen. Dabei muss, je nach Einsatzgebiet, mit einer geringeren Verfügbarkeit des Mobilfunknetzes und damit der Verbindung gerechnet werden. Eine ausführlichere Darstellung von Geoinformation und mobilen Diensten am Beispiel des Einsatzes für Bergsteiger und Wanderer findet sich in [Reinhardt, et al, 2003].

Im Bereich der mobilen Datenerfassung, z.B. zur Fortführung von Geodatenbanken, sind spezifische Lösungen von verschiedenen GIS-Herstellern verfügbar. Auch hier dominieren die Ansätze bei denen der mobile Computer vor und nach dem Feldeinsatz zur Datenübertragung mit dem Stationären verbunden wird. Allerdings ist auch der direkte Zugriff aus dem Feld auf bestimmte Server mit Hilfe von Mobilfunknetzen möglich. Bei diesen Lösungen handelt es sich allerdings überwiegend um firmenspezifische Ansätze auf der Basis von proprietären Schnittstellen. Im Teilprojekt „Mobiler Erfassungsclient“ [Plan et al, 2004] des o.g. Forschungsprojektes „Weiterentwicklung von Geodiensten“ wurde ein Ansatz konzipiert und prototypisch implementiert der u.A. die Realisierung der mobilen Datenerfassung auf der Basis von standardisierten Internetdiensten zum Ziel hatte.

Bei der mobilen Datenerfassung werden in der Regel entsprechend der festgelegten Objektklassen Geometriedaten aufgemessen, Sachattribute erfasst und damit Objekte gebildet. Für die Übertragung dieser Vektordaten bietet sich die WFS – Diensteschnittstelle des OGC an. Diese erlaubt neben dem Download von bestehenden Daten auch Transaktionen wie das Einfügen neu erfasster sowie das Editieren und das Löschen bereits im Datenbestand existierender Objekte. Während dem Editieren können die entsprechenden Objekte, über die „LockFeature“- Operation auf dem Server gesperrt und damit eine gleichzeitige Bearbeitung durch andere Nutzer verhindert werden. Leider wird diese Funktion bisher durch GIS-Hersteller und open source Produkte noch selten unterstützt.

Wie weiter oben schon erläutert wurde sind OGC-konforme Dienste selbstbeschreibend. Beim WFS bedeutet dies die Abfragemöglichkeit eines „Capabilities“ Dokuments und eines GML-Schemas für jede einzelne Objektklasse. Das „Capabilities“ Dokument beinhaltet neben den oben aufgeführten Informationen u.a. noch eine Auflistung der Objektklassen mit Titel, Stichwörtern, verwendeten Referenzsystemen etc. Die GML-Schemata beinhalten die üblichen, im Datenmodell festgelegten Informationen, wie Geometrietypen, Attributnamen und die zulässigen Datentypen der Sachattribute sowie zu den Assoziationen zwischen den Objektklassen. Die Beschreibung selbst ist über die GML Spezifikation standardisiert [OGC 2002b].

Durch diese Verfügbarkeit von Metainformationen über den bereitgestellten Dienst und seine Daten ist es möglich eine Erfassungssoftware so zu konzipieren, dass sie sich diese Informationen herunterlädt und den Erfassungsprozess zur Laufzeit entsprechend an das relevante Datenmodell anpasst. Dieses generische Erfassungskonzept ist in Abbildung 1 veranschaulicht. Das Datenmodell, welchem die Daten des jeweiligen Servers zugrunde liegen, wird im GML Schema beschrieben und über den WFS verfügbar gemacht. Die Erfassungssoftware lädt dieses herunter und passt die Eingabemasken für Sachdaten und die Geometrieerfassung entsprechend an. Die anschließende Objektgenerierung erfolgt direkt im Feld. Mit diesem Konzept ist es der Software möglich, sich flexibel an die jeweilige Anwendung anzupassen. Sie kann online auf

heterogene verteilte Datenbestände zuzugreifen und ist damit in den verschiedensten Bereichen einsetzbar. Möglichkeiten zur Qualitätsüberprüfung der Daten vor der Übertragung auf den Server (sowie die dargestellte ontologiebasierte Erweiterung), werden im nächsten Abschnitt erläutert. Nach der Übertragung auf den Server stehen die neu erfassten Daten sofort allen anderen Nutzern zur Verfügung.

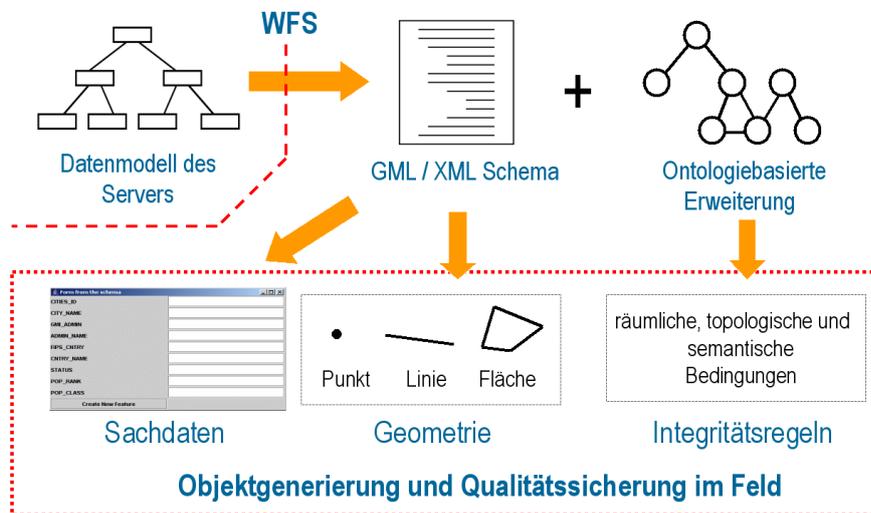


Abbildung 1: Generisches Erfassungskonzept

## Qualitätssicherung

Um die Qualität des Datenbestandes zu garantieren müssen bekanntermaßen vor dem Eintrag neuer Daten entsprechende Qualitätsprüfungen durchgeführt werden. Die WFS - Spezifikation lässt bisher das Thema Qualität der Geodaten komplett außer Acht. Ansätze zur Definition und Übertragung von Qualitätsinformation über standardisierte Internetdienste wurden im Rahmen des o.g. Projektes erarbeitet und veröffentlicht [Mäs et al, 2005]. Die Qualitätsprüfungen wurden dabei vorwiegend clientseitig implementiert und durchgeführt. Dies hat auch den Vorteil, dass offene Fragen im Angesicht der „realen Welt“ geklärt werden können. Es ist allerdings darauf hinzuweisen, dass dieser Bereich noch Gegenstand aktueller Forschung ist, nicht nur im Umfeld der Autoren dieses Beitrags.

Als einfachste Maßnahme können neu erfasste und editierte Daten zunächst gegen das vorliegende GML-Schema validiert werden. Auf diese Weise können schwerwiegende Fehler bereits frühzeitig mit relativ geringem Rechenaufwand aufgedeckt und behoben werden. Eine Validierung gegen das GML-Schema kann jedoch nur sicherstellen, dass:

- jede Featuregeometrie dem Geometrietyp der jeweiligen Featureklasse entspricht,
- alle notwendigen Attribute und Assoziation berücksichtigt wurden
- und alle Attributwerte konform mit den zulässigen Datentypen sind.

Damit wird in einem ersten Schritt die vollständige, dem Datenmodell entsprechende Erfassung der einzelnen Geobjekte sichergestellt. Für eine umfassendere Qualitätssicherung reichen diese Punkte natürlich nicht aus, weil zum Beispiel illegale topologische Beziehungen zwischen Objekten nicht ausgeschlossen und Mindestgenauigkeiten bei der Geometrieerfassung nicht geprüft werden. In [Mäs et al, 2005] wurde gezeigt, wie zusätzliche Qualitäts- und Integritätsbedingungen (siehe Abbildung 1) über eine ontologiebasierte Erweiterung in das GML-Schema integriert werden können. Diese in SWRL (Semantic Web Rule Language [W3C 2004]) codierte Erweiterung enthält u.a. räumliche, topologische und semantische Bedingungen für die Objektklassen, die clientseitig geprüft werden können.

Durch eine solche Qualitätsüberprüfung vor der Übertragung der Daten zum Server ist es möglich einzelne Prüfroutinen direkt in den Erfassungsworkflow zu integrieren und damit zum frühest möglichen Zeitpunkt während der Erfassung Fehler aufzudecken und zu beseitigen. Damit kann eine Nachbearbeitung der Daten im Innendienst erheblich reduziert werden.

## ***Sensoranbindung***

Die Integration von verschiedenen Messinstrumenten und Sensoren in eine einzige Erfassungssoftware ist nicht zuletzt durch die unterschiedlichen Datenformate, Kommunikationsprotokolle und Schnittstellen der Hardwarehersteller ein Problem. Zukünftig sollen hier die OGC Standards SensorML und SensorWEB die Möglichkeit zur interoperablen Anbindung von Sensoren bieten. Bis diese Protokolle von den Herstellern der Sensoren unterstützt werden, müssen alternative Möglichkeiten für ihre Umsetzung im Online-Messbetrieb genutzt werden. Eine Diskussion der Sensoranbindung im Bereich der mobilen GIS-Datenerfassung enthält [Kandawasvika und Reinhardt, 2005].

## ***Anwendungsbeispiel***

Als Anwendungsbeispiel der mobilen GIS-Datenerfassung auf der Basis von standardisierten Internetdiensten wird die Überwachung von Hangrutschungen im Bereich der Landschaftsdynamik vorgestellt, die ebenfalls im Rahmen des o.g. Projektes bearbeitet wurde. In dieser Anwendung soll das System die Vor-Ort-Analyse von Rutschbewegungen sowie die Datenaufnahme von Geodaten ermöglichen bzw. verbessern. Zum Einsatz kam der in dem Projekt

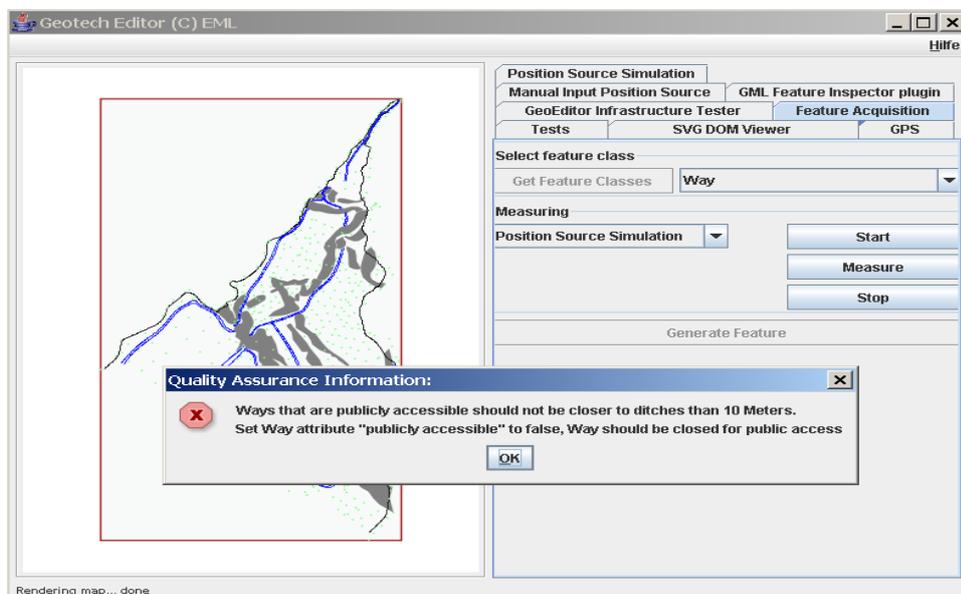


Abbildung 2: Benutzeroberfläche des mobilen Erfassungsclients

gemeinsam mit dem European Media Lab, Heidelberg entwickelte Prototyp des mobilen Erfassungsclients (Abbildung 2). Details zur implementierten Qualitätssicherung finden sich in der schon genannten Literatur [Mäs et al, 2005]. Über die Problematik der Konvertierung und Darstellung der GML-Daten in SVG berichten [Merdes et al, 2005]. Praktische Tests wurden in dem Testgebiet an der Albtrauf-Bruchkante in der Nähe von Stuttgart, Deutschland durchgeführt. Dieser Abschnitt des Albtraufs und der anschließenden Hochalbfäche ist von ständigen Fels- und Erdbewegungen betroffen, die ein erhebliches Risiko für die Benutzer angrenzender Straßen und Wege darstellen. Aus diesem Grunde werden die Bewegungen der Gesteinsmassen durch fest installierte Extensometer – Messinstrumente permanent überwacht. Signifikante Gesteinsbewegungen signalisiert das System mit automatischen Alarmmeldungen an die

zuständigen Geologen. Letztlich kann das System jedoch nur Hinweise auf eine Aktivität geben – eine fundierte fachliche Beurteilung kann nur aufgrund der Prüfung der örtlichen Gegebenheiten durch den Geologen erfolgen. Dabei kann ihm der mobile Client – wie die praktische Test gezeigt haben - wertvolle Unterstützung geben, insbesondere durch folgende, implementierte Funktionalität:

- Online-Abfrage und Visualisierung der auf dem Server vorhandenen Daten, z.B. Lagekarten mit Spalten, Rissen, Messstationen, geologisch aktiven Bereichen
- Positionsanzeige in der Karte
- Anbindung unterschiedlicher Sensoren
- Analysemöglichkeiten im Feld mit Hilfe spezifischer Funktionen
- Hilfe bei der Validierung von ausgelösten Alarmen
- Durchführung von Kontrollmessungen
- Erfassung neu entstandener Objekte wie z.B. Risse und Spalten mittels GPS oder Tachymeter
- Qualitätskontrolle neu erfasster Objekte
- Übertragung der neu erfassten Objekte auf den Server
- Anzeigen der aktuellen und historischen Messdaten permanenter Überwachungssysteme



Abbildung 3: Überwachungsmessungen im Testgebiet

### ***Zusammenfassung***

Durch den Einsatz standardisierter Schnittstellen bei der mobilen online Datenerfassung können bisher bestehende Systemgrenzen überwunden, und auf beliebige verteilte Datenbestände zugegriffen werden. Die Entscheidung, welche Daten für die momentane Aufgabe benötigt werden, kann spontan im Feld gemacht werden. Welches Softwaresystem serverseitig eingesetzt wird spielt durch den standardisierten Zugriff keine Rolle mehr. Mit den Metainformationen eines selbstbeschreibenden WFS ist es einer „intelligenten“ Clientsoftware möglich sich erst zur Laufzeit an die Festlegungen des jeweiligen Datenmodells des Servers anzupassen. Damit ist sie absolut flexibel in den verschiedensten Anwendungsbereichen einsetzbar wie in diesem Beitrag an einem Anwendungsbeispiel gezeigt werden konnte. Eine umfassende Qualitätssicherung neu erfasster und editierter Daten ist von hoher Bedeutung, wird jedoch durch die standardisierten Internetdienste derzeit noch nicht unterstützt. Erfolgversprechende Ansätze hierfür wurden ebenfalls vorgestellt. Diese sind jedoch in zukünftigen Forschungsarbeiten weiter zu führen.

## **Dank**

Die Autoren bedanken sich für die Förderung des Projektes "Weiterentwicklung von Geodiensten" durch das Ministerium für Bildung und Forschung (BMBF) unter der Nummer 03F0373B innerhalb des GEOTECHNOLOGIEN – Programms (<http://www.geotechnologien.de>).

## **Literatur**

- Computer Industry Almanac: <http://www.c-i-a.com/pr0904.htm>
- Breunig, M., Bär, W., Häußler, J., Reinhardt, W., Staub, G., Wiesel, J. (2005): "Advancement of Mobile Spatial Services for the Geosciences". Accepted for publication in: Data Science Journal, Intern. Council for Science (ICSU)
- Kandawasvika, A., and Reinhardt, W., (2005), Concept for interoperable usage of multi-sensors within a landslide monitoring application scenario: Proceeding 8th AGILE Conference on GIScience
- Mäs, S., Wang, F., Reinhardt, W. (2005): „Using Ontologies for Integrity Constraint Definition“. In: Proceedings of the 4th International Symposium On Spatial Data Quality, pp. 304-313, August 25- 26, 2005, Peking, China
- Meng, L., Zipf, A., Reichenbacher, T. (2005): Map-based mobile Services, Springer
- Merdes, M., Häußler, J., Zipf, A. (2005): *GML2GML: generic and interoperable round-trip geodata editing - concepts and example*, Proceeding 8th AGILE Conference on GIScience
- OGC (2002a): Web Feature Service Implementation Specification, Version 1.0.0, OpenGIS® Project Document: 02-058; 19 September 2002
- OGC (2002b): Geography Markup Language (GML) Implementation Specification, Version 2.1.2, OpenGIS Project Document Number 02-069, 17 September 2002
- Plan, O.; Mäs, S.; Reinhardt, W.; Kandawasvika, A.; Wang, F.: Konzepte für die mobile Erfassung von Geodaten. In: Münsteraner GI-Tage - Tagungsband, IFGI prints. 2004
- Reinhardt, W.; Sayda, F.; Kandawasvika, A.; Wang, F.; Mundle, H. (2003): Geoinformation und mobile Dienste - Anforderungen und Anwendungen für Bergsteiger und Wanderer. In: Photogrammetrie-Fernerkundung-Geoinformation, PFG (Heft 6).
- W3C (2004): SWRL: A Semantic Web Rule Language Combining OWL and RuleML, W3C Member Submission 21 May 2004, (<http://www.w3.org/Submission/2004/SUBM-SWRL-20040521/>)
- Web-Seiten wurden zuletzt besucht am 15.10.2005

Adresse der Autoren:

Dipl.-Ing. Stephan Mäs  
Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Reinhardt  
Institut für Geoinformation und Landmanagement  
Universität der Bundeswehr München  
D-85577 Neubiberg (Briefe)  
D-85579 Neubiberg (Pakete)  
Tel. : ++49-89/6004-2450  
Fax : ++49-89/6004-3906  
email: [stephan.maes@unibw-muenchen.de](mailto:stephan.maes@unibw-muenchen.de); [wolfgang.reinhardt@unibw-muenchen.de](mailto:wolfgang.reinhardt@unibw-muenchen.de)  
Internet: <http://www.agis.unibw-muenchen.de>