

## MITTEILUNGEN AUS HOCHSCHULEN

# DFG-RUNDGESPRÄCHE ZU FORSCHUNGSTHEMEN IN DER GEOINFORMATIK

von Ralf Bill und Monika Sester

### DFG-Rundgespräche

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) gehört zu den großen Forschungsförderern speziell in der Grundlagen- und Anwendungsbezogenen Grundlagenforschung. Zahlreiche Forschungsvorhaben werden auch in der Geoinformatik durch die DFG gefördert, sei dies nun in den Geowissenschaften oder auch den Ingenieurwissenschaften. Wenn es um die Diskussion neuer Forschungsthemen geht, so offeriert die DFG die Möglichkeit, ein Rundgespräch durchzuführen, zu dem bis zu 30 Wissenschaftler eingeladen werden können. Anfang des Jahres fanden zwei solcher Rundgespräche zu Themen im Umfeld der Geoinformatik statt. Die wesentlichen Ergebnisse und damit auch Hinweise

zu zukünftigen Forschungsfragen sollen in diesem Beitrag vorgestellt werden.

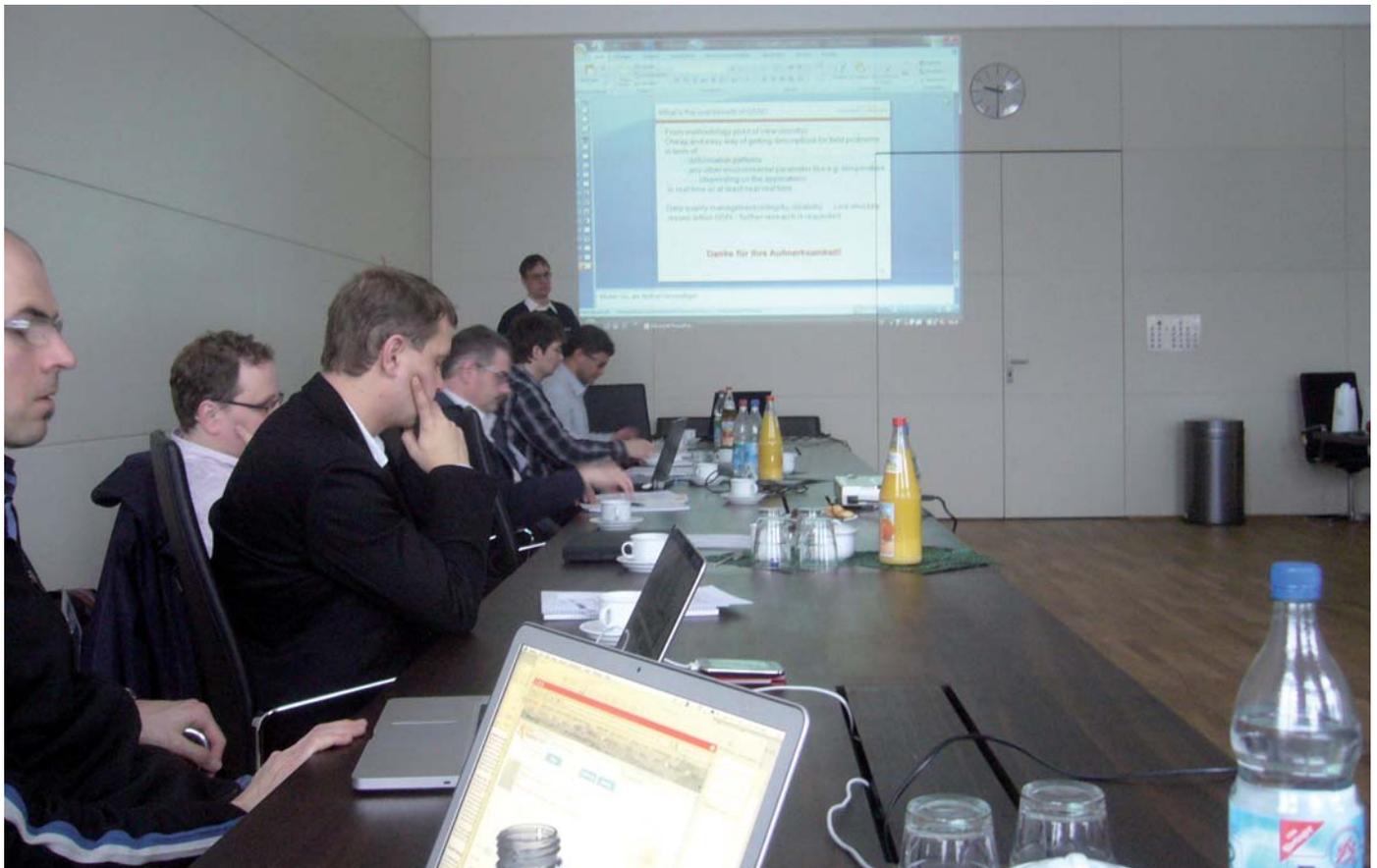
### Unbemannte autonom navigierende Flugsysteme (UAS) - Technologische Herausforderungen und Chancen für die Geodatengewinnung

Unbemannte autonom navigierende Flugsysteme (UAS) gewinnen zunehmend an Bedeutung. Neben militärischen Entwicklungen und Anwendungen etablieren sich in den letzten Jahren kleinere Geräte wie Helikopter, Quadrocopter oder Flächenflugzeuge auch für den zivilen Bereich am Markt. Der Bedarf an zeitlich und räumlich hoch auflösenden Daten aus Luftbildern, Spektrometern, Laserscannern u.a. für die Kartierung und Überwachung unterschied-

lichster raumzeitlicher Phänomene nimmt ständig zu. UAS schließen die große Lücke zwischen terrestrischer und flugzeug- bzw. satellitengetragener Geodatenerfassung. Die Entwicklung miniaturisierter autonomer Steuerungen sowie integrierter Navigationssysteme für UAS ermöglicht systematische Bildflüge. Solche Systeme können z.B. Kameras oder Laserscanner mitführen und stellen damit eine interessante Alternative zu klassischen Vermessungsflugzeugen dar, die für kleine Gebiete zu teuer und zu witterungsabhängig sind. Die Benutzung von UAS bietet hier Kostenersparnis und höhere Flexibilität.

Das mit 37 Teilnehmern vom 18. bis 20. Januar 2010 in Rostock durchgeführte Rundgespräch hatte einen Erfahrungsaustausch,

DFG-Rundgespräch Geosensornetzwerke.



eine Beleuchtung des Stands der Forschung und Entwicklung sowie eine intensive Diskussion zu weiterem Forschungs- und Entwicklungsbedarf von UAS als Trägerplattform für abbildende Sensoren zur (online) Geodatengenerierung zum Ziel. Das Rundgespräch fokussierte sich speziell auf Flugsysteme im Mikro- bis Mini-UAS-Bereich mit einem Abfluggewicht von wenigen kg bis zu 30 kg, Reichweiten von einigen Kilometern, Flughöhen bei etwa 150 bis 300 m und Einsatzdauern von 1 bis 2 Stunden. Hier liegt ein hohes Anwendungspotenzial in vielen Disziplinen wie der Landwirtschaft, der Geophysik, der Meteorologie, der geographischen Feldforschung, der Biologie/Ökologie u.v.a.

Themenschwerpunkte beim Rundgespräch waren die autonome Navigation und Sensorik von UAS und deren Beitrag zur Orientierung und zum Flugmanagement. Die Anwendungs- und Nutzungsmöglichkeiten verschiedenster abbildender Sensoren - z.B. Video, Thermalkamera, abbildendes SAR, Spektrometer, Radar, Laserscanning etc. - wurden diskutiert. Herausforderung ist die direkte, integrierte Georeferenzierung der (abbildenden) Sensoren speziell beim Einsatz miniaturisierter Komponenten und bei der großen Anzahl von Bilddaten in UAV-Bildverbänden. Erst nachdem dieses aus Anwendersicht zufriedenstellend gelöst ist, ist eine automatisierte Ableitung von Geodaten zur Anwendung in verschiedenen Disziplinen möglich. Dabei sind die Anwendungsmöglichkeiten sehr vielfältig. Auf dem DFG-Rundgespräch zu UAS in Rostock wurden eine Vielzahl von Forschungs- und Entwicklungsthemen herausgearbeitet. Dabei sind die hier zusammengestellten Themen nur als Auswahl zu sehen, viele weitere Forschungsfragen ergeben sich von der technologischen Seite - speziell durch die Miniaturisierung - über die integrierte Navigations- und Orientierungslösung - als Voraussetzung für einen Kartiereinsatz - bis hin zur Anwendungsseite.

Die aus Sicht der Anwendung definierten fachlichen Fragestellungen für den UAS-Einsatz setzen eine Kombination von Systemen voraus (von Trägerplattformen bis zur onboard-Sensorik), die sich am jeweiligen Anwendungsprofil ausrichtet. Zwischen Technik und Anwendung ergeben sich i.d.R. interdisziplinäre Forschungsfragen, in denen die Expertise von der Elektrotechnik

über die Luft- und Raumfahrt, die Photogrammetrie und Fernerkundung bis zur Geodatenverarbeitung in der Geoinformatik zusammengeführt werden muss, um Anwendungsforschung in der Geographie, in den Geowissenschaften, im Umwelt- und Planungsbereich, im Sicherheitssektor u.a. entwickeln zu können. Diese disziplinäre Vielfalt legt den Grundstock für eine Bereicherung in der Plattform-, Sensor- und Methodenentwicklung.

Es besteht Bedarf an Standardisierung und Harmonisierung von der Trägerplattform bis zur Auswertung (z.B. Terminologie, Datenformate und Schnittstellen für Sensorik/Bilder und Lage-/Orientierungsdaten). Die Erhöhung der Autonomie und Sicherheit (redundante Architekturen, commercial off-the-shelf (COTS)- bzw. Plug & Play-Komponenten, nachweisbare Prüfung der Stabilität und Zuverlässigkeit, Mensch-Maschine-Interface) ist eine Herausforderung. Sowohl Plattformen als auch onboard-Sensorsysteme werden kleiner, leichter und billiger, welches oftmals konträr zu den hohen Qualitätsanforderungen der Anwendungen steht. Notwendig sind Qualitätsuntersuchungen (Kalibrierung) der Sensorik. Verschiedene Sensoren sind zu integrieren, da sie sich partiell ergänzen oder auch ersetzen können (Sensorfusion/Sensorsubstitution). Eine Vielzahl weiterer Sensoren (auch nicht abbildende, z.B. aus Geophysik oder Meteorologie) sind für verschiedene Anwendungen zu integrieren. Kommen mehrere UAS gleichzeitig zum Einsatz, so sind raum-zeitliche Kollaborationen zu untersuchen, welches enge Anbindung an die aktuell interessante Thematik der Geosensornetze nahelegt.

Die Erkennung von Hindernissen und die Reaktion in der Flugsteuerung in Echtzeit (Sense and Avoid) sind unter Integration verschiedenster Sensorik, Steuerungstechnik und Algorithmik zu lösen. Die Steigerung der Genauigkeit der Navigationsdaten (GNSS, INS etc.), um eine hochpräzise Positions- und Kurswinkelbestimmung zu ermöglichen, die dann auch als Lage- und Orientierungsdaten für die photogrammetrische Anwendung bereitstehen, ist nötig. Eine integrierte Navigation (GNSS, INS inklusive Vision) und Integration von 2D/3D-Geoinformation in die Lage- und Orientierungsbestimmung erscheint hier als vielversprechend. Die Last- und Arbeitsverteilung zwischen onboard-Systemen und

der Bodenstation hinsichtlich Datenhaltung und Datenverarbeitung kann für verschiedene Anwendungen unterschiedlich sein, welches es zu untersuchen gilt.

Die Georeferenzierung der (abbildenden) Sensorik ist die Voraussetzung für eine raum-zeitliche Auswertung der Daten. Die bisherige, zivil benutzte Navigationslösung ist um genaue und zuverlässige, indirekte oder direkte, integrierte Georeferenzierungsansätze zu erweitern, um absolute Orientierungen in Echtzeit zu realisieren und somit auch hochgenaue real-time Anwendungen zu ermöglichen. Die simultane 3D-Lokalisierung und Kartierung (SLAM-Simultaneous Localization and Mapping) stellt die Herausforderung dar. Terrestrisches Tracking bietet eine Möglichkeit der externen Validierung (Qualitäts- und Kalibrierungsuntersuchungen). Bei abbildenden Sensoren sind neben der Geometrie auch radiometrische Probleme, die vor allem auf die BRDF (bidirektionale Reflektanzverteilungsfunktion) zurückzuführen sind, zu lösen.

In Abhängigkeit vom vorgesehenen Anwendungsbereich ergeben sich vielfältige Forschungsthemen im Umfeld der UAS. Generell wird ein umfangreiches Methodenrepertoire erwartet, welches anwendungsabhängig genutzt, adaptiert oder weiterentwickelt werden sollte. Die Ableitung einiger Standardprodukte (z.B. Digitales Geländemodell (DGM) und Digitale Orthophotokarten) unter UAS-Bedingungen sind notwendige Voraussetzung für viele Natur- und Geowissenschaftliche Anwendungen. Automatisierte AuswerteprozEDUREN für die verschiedenen Sensordaten (z.B. Laserscanning - 3D-Punktwolke - Anwendungsspezifische 3D-Objektinformation) sind zu entwickeln. Die Interpretation der Bilddaten mit Vorinformation sowie die automatische Analyse der Bilddaten gestatten Anwendungsbereiche, in denen es im Wesentlichen um Veränderungserkennung geht (Change detection). Bestimmte Anwendungen legen eine simultane Lokalisierung, Navigation und Kartierung (z.B. Rapid Mapping-Ansätze in real-time, Augmented Reality/Mixed Reality-Einbeziehung, Semantik aus Bilddaten in Echtzeit onboard, evtl. inkl. Steuerung von Aufnahme und UAS mittels Active Vision) nahe, andere werden auf Post processing-Ansätzen aufbauen. Mit UAS lassen sich Aufgaben mit hoher zeitlicher Auflösung bearbeiten: ein



Falcon Flugsystem der Firma Ascending Technologies GmbH

Prozessmonitoring wird ermöglicht, welches eine enge Kopplung zwischen Beobachtung, Interpretation und Prozessmodellierung erfordert.

### Geosensornetzwerke (GSN)

Geosensornetze sind ein wichtiges Zukunftsthema in der Geoinformatik und in den Geowissenschaften. Die Anwendung dieser Netze wird durch die fortschreitende technologische Entwicklung im Bereich der Kommunikationstechnik (wireless technologies) aber auch durch die Miniaturisierung der Sensoren und ihre kostengünstige Fertigung zurzeit beflügelt. Ein Geosensornetz besteht typischerweise aus einer Vielzahl von Sensoren unterschiedlicher Art und Qualität, die miteinander kommunizieren und kooperieren und dadurch Informationen mit einer höheren raum-zeitlichen und thematischen Auflösung und gleichzeitig großräumigen Abdeckung erfassen können, als es mit der bloßen Summe einzelner Sensoren möglich ist. Das Sensornetz zeichnet sich weiterhin durch seine Skalierbarkeit aus, so dass potentiell sehr große Gebiete beobachtet und überwacht werden können. Auch können Daten und Prozesse unterschiedlicher Skalen beobachtet und integriert werden. Durch die hohe räumliche Dichte, kombiniert mit einer hohen zeitlichen Auflösung, eröffnen sich neue Möglichkeiten, Geoprozesse in Echtzeit zu erfassen und somit neue Erkenntnisse über Prozessdynamik und Systemveränderungen zu gewinnen. Die Kopplung von Modellwissen mit Geosensordaten stellt

dabei eine methodisch sehr wichtige Fragestellung dar, die auch sehr bedeutende praktische Implikationen hat. Je nach Anforderung können diese Netzwerke unterschiedlich konzipiert und eingerichtet werden. Sensoren können in bestimmten Anordnungen etabliert werden oder die Konfiguration ist flexibel oder gar veränderbar, wenn mobile Sensoren eingesetzt werden. Geosensornetze sind positionierbar und können durch dezentrale Prozessierung massiv anfallende heterogene Sensordaten verarbeiten.

Geosensornetze finden Anwendung in vielen Bereichen der Geoforschung wie z.B. beim Verfolgen von Sedimenttransporten, in Flusssystemen (z.B. Temperaturmessung), in der Bodenforschung (z.B. Bodenfeuchteänderungen, elektrische Leitfähigkeit), in der Seismik (z.B. mikroseismische Signale), der marinen Vermessung oder in der Hydrologie und Ingenieurgeologie (z.B. Hangrutschungen).

Neben Anwendungen in den Geowissenschaften finden Geosensornetze überall dort Einsatz, wo es um dynamische Prozesse geht, die mittels Sensoren erfasst werden sollen, bzw. wo durch den Einsatz von mobilen Sensoren eine immer präzisere Abtastung und Erfassung der Umgebung erreicht werden kann. Wichtige weitere Anwendungsfelder liegen somit in der Verkehrsbeobachtung und Navigation sowie in der Bauwerksüberwachung. Wesentliche Grundlagen der Algorithmen werden in der Informatik entwickelt. Sensorentwicklung und Kommunikationsmöglichkeiten und -protokolle erfolgen in

der Elektrotechnik – somit handelt es sich um ein sehr interdisziplinäres Thema.

Zum Rundgespräch, welches am 3. und 4. Februar in Hannover durchgeführt wurde, kamen 25 Experten aus den relevanten Bereichen der Geosensornetze zusammen. Ziel war es, Parallelitäten auf methodischer Ebene zu identifizieren, die für alle Fachdisziplinen wichtig und zukunftsweisend sind, sowie wichtige Fragestellungen im Kontext Geosensornetze zu erfassen, Anwendungsfelder zu ermitteln und Forschungsperspektiven aufzuweisen.

Neben Vorträgen gab es mehrere Diskussionsgruppen, in denen die Teilnehmer ausgewählte Fragestellungen in separaten Gruppen besprachen und anschließend wieder in das Plenum zurück berichteten.

Die Themenschwerpunkte der Vorträge lassen sich grob untergliedern nach geowissenschaftlichen Anwendungen und ihren Anforderungen an die Sensorik und Auswertung, sowie eher informatisch geprägte Ansätze zur dezentralen Verarbeitung in Geosensornetzen.

So zeigte sich, dass Geosensornetze in vielen geowissenschaftlichen Bereichen angewandt werden: u.a. in der Seismik, der Ingenieurgeologie, der Bodenkunde und in der marinen Vermessung. Dort arbeitet man größtenteils mit Speziälsensorik, die – auch aufgrund der hohen Kosten – nur in überschaubarer Anzahl eingesetzt werden. Eine Ausnahme bildet das marine System Argo, wo etwa 3000 Sensoren auf den Ozeanen in den oberen 2000 m permanent Wasserparameter (Temperatur und Salinität) bestimmen. Die Daten dieser Sensoren werden in der Regel an eine Zentrale übermittelt und dort prozessiert.

Im Gegensatz dazu stehen Ansätze, in denen existierende Sensorik genutzt wird – über den eigentlichen Zweck der Sensoren hinausgehend. Als prominentes Beispiel hierfür sei die Nutzung der Position und Geschwindigkeit von Mobiltelefonen genannt, um Verkehrsinformationen wie Staus abzuleiten. Weiterhin wurde hier ein Ansatz vorgestellt, Fahrzeuge als bewegliche Regensensoren zu nutzen, indem ihre Wischerfrequenz genutzt wird, um daraus Regenmengen abzuleiten. Zu dieser Kategorie zählen auch Anwendungen des sog. Crowd Sourcing, wo Information durch viele Nutzer zusammengetragen werden und somit zu einem Mehrwert führen. Beispiele hierfür sind Photos in Flickr, die genutzt werden können,

um 3D-Stadtmodelle abzuleiten, oder Sensoren in Fahrzeugen, die eine kontinuierliche Umgebungsbeobachtung durchführen können und somit ein aktuelles Lagebild liefern.

Weiterhin wurden Ansätze vorgestellt, wie eine dezentrale Verarbeitung der Sensordaten erfolgen kann, die die lokale Verarbeitungskapazitäten der Sensoren ausnutzen und auf einer lokalen Kommunikation beruhen, um eine gewisse Umgebungsinformation zu integrieren. So gibt es Algorithmen, die dezentral Cluster erkennen können, sowie Schadstoffwolken verfolgen.

Eine zentrale Fragestellung betrifft die Lokalisierung und Positionierung der Sensoren. Während im Außenbereich prinzipiell GNSS genutzt wird, ergeben sich besondere Herausforderungen für den Indoor-Bereich, aber auch für die Bereiche in-Earth und in-Water. Für eine bessere Exploration der Struktur innerhalb von Bohrkernen wären bessere Informationen über die lokale Umgebung vor Ort erforderlich, was neben der entsprechenden Sensorik auch die Positio-

Forschungsfragen, speziell wenn davon ausgegangen wird, dass eine GNSS-Positionierung nicht in allen Sensoren verfügbar ist und so auch im Netz für alle Knoten berechnet und propagiert werden muss.

Zur Verbreitung und Nutzung verfügbarer Sensoren wird eine Infrastruktur auf Basis offener Standards wie der OGC-Sensor Web Enablement Initiative vorgeschlagen. Hierbei ist zu beachten, dass die Sensorbeobachtungen und Messungen einer definierten Ontologie entstammen müssen, um automatisch weiter verarbeitet werden zu können.

Anwendungen von Geosensornetzen, die bereits Einzug in die Praxis gefunden haben, sind im Bereich Katastrophenmanagement zu finden. So wurde beispielsweise vom GFZ und der Humboldt Universität Berlin ein Sensornetz in Istanbul installiert, welches aus primär seismischen Sensoren und GNSS besteht. Über eine verteilte Auswertung werden Messdaten über das Netz propagiert und im Schadensfall an eine Zentrale weitergeleitet.

wurde ebenfalls verschiedentlich diskutiert: so spielt die Leistungsfähigkeit der Sensoren und insbesondere die Batterieversorgung eine große Rolle für die tatsächliche Nutzung – allerdings wurde in der Gruppe Vertrauen in die entsprechenden Entwicklungen beispielsweise in der Batterieentwicklung gesetzt.

Als wichtige Forschungsfragen wurden identifiziert:

- ▶ Algorithmen zur dezentralen Verarbeitung der Sensordaten: Datenaggregation, Ereignis-Detektion, Simulation, Multi-Sensorfusion inklusive Unsicherheits- und Qualitätsbetrachtungen
- ▶ Bessere Positionierungsmöglichkeiten der Sensoren: in-Earth, in-Water, indoor, aber auch weiterhin outdoor
- ▶ Aspekte der Datensicherheit und Datenverfügbarkeit, sowie Daten- und Dienstinfrastruktur
- ▶ Nutzung von Geosensornetzen als verteilter Datenspeicher und Rechner: enge Kopplung von Prozessmodellen und Sensorbeobachtungen

Diese methodischen Themen könnten anhand folgender Fragestellungen behandelt werden:

- ▶ Multi-Sensornetze und Geoprozesse
- ▶ Sensorik im Übergangsbereich Küste - Meer
- ▶ Crowd-Sourcing zur Nutzung verfügbarer Sensoren und Daten

Die Materialien und Ergebnisse beider Rundgespräche finden sich zum Download unter <http://dgk.auf.uni-rostock.de/> unter Veranstaltungen. ◀



Scout B1-100 UAV Helikopter der Firma Aeroscout GmbH

nierung umfasst. Auch wenn es im marinen Bereich darum geht, in größeren Tiefen Messsensoren in vorgegebenen Positionen zu platzieren, gibt es noch viel Forschungsbedarf. Insgesamt betrifft dies die Miniaturisierung der Sensoren, aber auch ihre grundsätzliche Eignung zur Positionsbestimmung. Aber auch bezüglich der Positionierung im Außenbereich gibt es noch eine Fülle von

In den Diskussionen zeigte sich, dass der Begriff Geosensornetze nicht für alle Teilnehmer eindeutig definiert ist. Die Frage der Kooperation und der Datenverarbeitung im Netz wird unterschiedlich bewertet. Gerade aber eine massive Sensorverfügbarkeit und die daraus erforderliche Skalierbarkeit machen diese Eigenschaften erforderlich. Die Frage der Sensorentwicklung

#### Anschrift der Autoren

Prof. Dr.-Ing. Ralf Bill  
 Universität Rostock  
 Fachbereich für Landeskultur und Umweltschutz  
 Professur für Geodäsie und Geoinformatik  
 Justus von Liebig Weg 6  
 D-18059 Rostock  
 E: ralf.bill@uni-rostock.de

Prof. Dr.-Ing. Monika Sester  
 Leibniz Universität Hannover  
 Institut für Kartographie und Geoinformatik  
 Appelstraße 9a  
 D-30167 Hannover  
 E: monika.sester@ikg.uni-hannover.de