

Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Institutsbericht 2013

Stand: August 2014

Inhalt

1 Adressen und Personen

2 Lehre

- Verleihung des Fakultätslehrpreises
- Lehrveranstaltungen im Bachelor-Studiengang Geodäsie und Geoinformatik
- Lehrveranstaltungen im Master-Studiengang Geodäsie und Geoinformatik
- Weitere Lehrveranstaltungen

3 Forschung und Entwicklung

- Bild- und Bildsequenzanalyse
- SAR- und Mikrowellenfernerkundung
- Punktwolkenanalyse
- Geoinformatik
- Projekte in Lehre und Ausbildung

4 Dissertationen, Diplom-, Bachelor-, Master- und Studienarbeiten

5 Veröffentlichungen und Vorträge

6 Mitarbeit in Gremien

1 Adressen und Personen

Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Englerstr.7, 76131 Karlsruhe
Postfach 6980, 76128 Karlsruhe
Tel: (0721) 608 42315
Fax: (0721) 608 48450
WWW-Server: <http://www.ipf.kit.edu>

Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter

Hinz, Stefan	Prof. Dr.-Ing. habil	stefan.hinz@kit.edu
Bähr, Hans-Peter	Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. (i.R.)	hans-peter.baehr@kit.edu
Birkel, Heike	Fremdsprachensekretärin	heike.birkel@kit.edu
Alshawaf, Fadwa	M.Sc.	alshawaf.fadwa@kit.edu
Blomley, Rosmarie	Dipl.-Phys. (Stipendiatin)	rosmarie.blomley@kit.edu
Bradley, Patrick Erik	Dr. rer. nat.	bradley@kit.edu
Braun, Andreas	Dipl.-Geoökol.	andreas.ch.braun@kit.edu
Dittrich, André	Dipl.-Ing.	andre.dittrich@kit.edu
Dubois, Clemence	Dipl.-Ing. (Stipendiatin)	clemence.dubois@kit.edu
Engelmann, Ilse	M. A.	ilse.engelmann@kit.edu
Jutzi, Boris	Dr.-Ing.	boris.jutzi@kit.edu
Krimmelbein, Anna	Dipl.-Ing (Stipendiatin)	anna.krimmelbein@kit.edu
Leitloff, Jens	Dr.-Ing	jens.leitloff@kit.edu
Lucas, Christian	Dr.-Ing.	christian.lucas@kit.edu
Richter, Daniela	Dipl.-Ing.	daniela.richter@kit.edu
Ringle, Konrad	Dipl.-Ing. (FH)	in Altersteilzeit
Schuffert, Simon	Dipl.-Ing.	simon.schuffert@kit.edu
Thiele, Antje	Dipl.-Ing	antje.thiele@kit.edu
Vögtle, Thomas	Dr.-Ing.	thomas.voegtle@kit.edu
Weidner, Uwe	Dr.-Ing.	uwe.weidner@kit.edu
Weinmann, Martin	Dipl.-Ing (Stipendiat)	martin.weinmann@kit.edu
Weisbrich, Werner	Dipl.-Ing. (FH)	werner.weisbrich@kit.edu
Wursthorn, Sven	Dipl.-Ing.	sven.wursthorn@kit.edu

Gastwissenschaftler/-innen, externe Doktoranden/-innen

Name	Institution	Dauer
Shatnawi, Nawras	Al Balqa´a Applied University, Al Salt, Jordan	01.01.2013 – 31.12.2013
Dr. Bülent Bayram	Yildiz Teknik Üniversitesi, Istanbul, Türkei	09.09.2013 – 15.09.2013
Prof. Arivaldo Amorim	UFBA, Salvador de Bahia, Brasilien	07.09.2013 – 10.09.2013

2 Lehre

Fakultätslehrpreis 2013

Im Rahmen der Akademischen Jahresfeier, am 9 November 2013, fand die Verleihung der Fakultätslehrpreise statt. Preisträger der Fakultät für Bauingenieur-, Geo- und Umweltwissenschaften ist Dr.-Ing. Uwe Weidner (Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung). Er wurde für seine Gesamtleistung in der Lehre ausgezeichnet.

Der Fakultätslehrpreis wird seit 2007 durch das Präsidium des KIT vergeben. Mit dem Fakultätslehrpreis wird ein sichtbares Zeichen gesetzt, um den hohen Stellenwert der Lehre am KIT zu betonen. Der Preis wird an Einzelpersonen oder Arbeitsgruppen oder auch an für die Lehre verantwortliche Organisationseinheiten der Fakultäten verliehen, deren Lehrveranstaltungen sich insbesondere durch neue Formen des Lehrens und Lernens, Interdisziplinarität, hohe Aktualität des vermittelten Fachwissens oder forschungs- und anwendungsorientierte Lehrmodule auszeichnen.

2.1 Lehrveranstaltungen im Bachelorstudiengang

Photogrammetrie I (5. Sem., Hinz, Wursthorn, 2+1)

- Mathematische Grundlagen von Einzelbild und Bildpaar
- Stereoskopisch sehen und messen
- Optische Grundlagen, Verzeichnung und Kalibrierung
- Mathematische Grundlagen der Mehrbild-Photogrammetrie (klassisch vs. projektiv)
- Bündelblock und Selbstkalibrierung
- Genauigkeitseigenschaften des Mehrbildfalles

Photogrammetrie II (6. Sem., Hinz, Vögtle, 1+1)

- Konzepte und Algorithmen zur Automatisierung photogrammetrischer Prozesse, z. B. Aerotriangulation
- Digitale Geländemodelle
- Airborne Laserscanning

Digitale Bildverarbeitung (5. Sem., Weidner, 1+1)

- Histogramme
- Lineare Filter (Glättungsfiler, Ableitungsfiler)
- Nicht-lineare Filter
- Binärbildverarbeitung
- Morphologie
- Punktoperatoren (SIFT, SURF)
- Übungen (Weidner)
 - Anwendungen von Grauwerttransformationen
 - Vergleich von linearen und nicht-linearen Filtern
 - Anwendung von morphologischen Operatoren

Fernerkundungssysteme (4. Sem., Hinz, Weidner, 1+1)

- Begriffe, Übersicht, Literatur
- Elektromagnetisches Spektrum
- Analoge Bildaufzeichnung und Farbtheorie
- Digitale Bildaufzeichnung, Abtastung und Aliasing
- Charakterisierung und Transformation digitaler Bilder
- Aktuelle Optische Sensoren
- Radar/SAR-Fernerkundung
- Grundlagen der SAR-Interferometrie
- Orbits und Missionskonzepte, aktuelle und künftige Satellitenmissionen
- Übungen (Weidner, Thiele):
 - Geometrische Bildtransformationen, Resampling
 - Georeferenzierung, Orthophotos
 - Beispiele Radarverfahren

Fernerkundungsverfahren (6. Sem., Weidner, 2+1)

- Einfache Bildverarbeitungsverfahren für die Fernerkundung (Histogramme, radiometrische Transformationen, multispektrales Prinzip, spektrale Signaturen, mehrdimensionale Histogramme)
- Datenvorprozessierung: Atmosphären- und Reliefkorrektur, Georeferenzierung
- unüberwachte Klassifizierung, Clusterverfahren
- Theorie der überwachten Klassifizierung (Bayes-Regel, Klassifizierungsgesetz, mehrdimensionale Verteilungen, Klassifizierungsverfahren – pixel- und segmentbasiert, Vergleich von Verfahren)
- Praxis der überwachten Klassifikation (Operationelle Landnutzungsklassifizierung, multitemporale Auswertung, Trainingsgebiete, Kontrollgebiete, Fehlereinflüsse, Analyse und Bewertung von Klassifizierungsergebnissen)

- Übungen (Weidner):
 - Aufbereitung und Visualisierung von Fernerkundungsdaten
 - unüberwachte Klassifikation / Clusteranalyse
 - überwachte Klassifikation und Vergleich von Verfahren
 - Genauigkeit der Ergebnisse
 - Visualisierung der Ergebnisse

Seminar Geodäsie und Geoinformatik (6. Sem., alle Dozenten des Lehrbereiches, 0+2)

In einem selbständig erarbeiteten Seminarvortrag von 20 Minuten Dauer sollen die Studierenden Erfahrung gewinnen, vor einem fachkundigen Publikum über ein ausgewähltes Thema der Geodäsie und Geoinformatik zu sprechen und sich anschließend einer Diskussion zu stellen.

Präsentationstechniken werden in einem gesonderten halbtägigen externen Kurs erlernt.

Projektübung Angewandte Fernerkundung (6. Sem., Hinz, Weidner, Wursthorn)

- Landschaft und Landschaftswandel im Kaiserstuhl
- Luftbildinterpretation (Farbinfrarot - Hochbefliegung, panchromatische Luftbilder, historische Bilder, topographische Karten)
- Satellitenbildklassifizierung
- Feldvergleich

Umfang: 0.5 Wochen

2.2 Lehrveranstaltungen im Masterstudiengang

Numerische Mathematik (1. Sem., Bradley, 3+1, Pflicht)

- Nichtlineare Gleichungen
- Polynome
- Interpolation
- Numerische Lineare Algebra
- Trigonometrische Funktionen
- Approximation
- Numerische Integration
- Gleitkomma-Arithmetik

2D Computer Vision (1. Sem., Vögle, Hinz, 1+0, Pflicht)

- Charakterisierung von Bildern mittels statistischer Merkmale
- Filterung im Orts- und Frequenzraum
- Segmentierung und Merkmalsextraktion
- Geometrische Bildtransformationen

3D Computer Vision (1. Sem., Hinz, Jutzi, Weinmann, 2+0, Pflicht)

- Einführung (Motivation, Geschichte der 3D Computer Vision)
- Photogrammetrische Aspekte zur 3D Rekonstruktion
- Projektive Geometrie (Einführung und Grundlagen, Koordinatensysteme, Kameramodell, Exkurs: Quaternionen)
- Bildmerkmale und Korrespondenzen (Harris & SIFT Merkmale, Matching, RAN-SAC, Exkurs: Structured Light)
- 3D Rekonstruktion aus Bildpaaren (Ebene Szenen und Homographie, Epipolargeometrie und Fundamentalmatrix)
- Projektive und euklidische 3D Rekonstruktion aus mehreren Ansichten
- Anwendungen

Bildsequenzanalyse (1. Sem., Wursthorn, Hinz, 2+0, Wahlpflicht)

- Einführung die Bildsequenzanalyse
- Aufnahmesysteme (Sensortypen, Eigenschaften, Farbkameras, Videostandards, Datenreduktion)
- Aktive Konturen (Level Sets, Snakes)
- Kalman Filter (Einführung, Beispiel mit MATLAB)
- Optischer Fluss und Scene Flow
- Ausgleichsmodelle für Bildsequenzanalysen
- Stereo Egomotion
- Modellbasiertes Tracking starrer Körper
- Partikelfilter
- Beispiel komplexer Trackingverfahrens: TLD und Erkennung und Verfolgung von Fahrzeugen und Personen aus Luftbildsequenzen

Struktur- und Objektextraktion in 2D und 3D (2. Sem., Hinz, Wursthorn, 2+1, Wahlpflicht)

- Flächen- und Liniensegmentierungsverfahren 2D Texturanalyse
 - Raster- und Vektortopologien (Bsp. Straßennetze)
 - Wasserscheiden (Subpixelverfahren)
 - Normalised Cuts
- Objekterkennungsverfahren 2D
 - Generalisierte Hough-Transformation
 - Implicit Shape Models
 - 3D-Punktclustering (inkl. Übung)
 - Gebäudemodellierung und Schadenserkennung in 3D

Geometrische Objektmodellierung in 2D, 3D und 4D (Sem., Hinz, Vögtle, 1+1, Wahlpflicht)

- Semi-automatisches Tracking, Fitting / Snakes
- Regelgeometrien
- Fitting von CAD-Modellen und/oder CSG-Geometrien (Gebäude)
- 3D-Flächen
- 3D-Simulationen / Blender / BlenSor
- 3D-Drucken
- 4D-Fahrzeugmodellierung in Punktwolken

Tomographic Laser and Radar Sensing (2. Sem., Jutzi, 1+1, Wahlpflicht)

- Allgemeine Einführung (u.a. medizinische Tomographie)
- SAR-Tomographie (parametrische und nicht-parametrische Verfahren)
- GNSS-Tomographie
- Fusion von SAR und GNSS, Beispiel Atmosphärentomographie
- Laser-Tomographie
 - Full-Waveform-Aufzeichnung
 - Signalverarbeitung
 - Anwendungen Vegetation

Augmented Reality (3. Sem., Wursthorn, 1+2, Wahlpflicht)

- Augmented Reality Anwendungen in Forschung, Industrie und Unterhaltung
- Sensoren und Technologien zur Positionierung und Orientierung
- Darstellungstechnologien
- Nutzerinteraktion

Aktive Sensorik für Computer Vision (2. Sem., Jutzi, 2+0, Wahlpflicht)

- Messtechnik
 - Atmosphäre, Navigation, Puls & CW Modulation
 - Laserstrahl
- Full Waveform (Signal)
- Laserscanning
 - Spezielle Systeme
 - Qualitätsaspekte
 - Triangulationsverfahren
 - Range Imaging (Funktion & Systeme)
 - Datenaufbereitung
 - Registrierung
 - ICP, EPnP, SIFT
 - Merkmalsbasierte Koregistrierung von Punktwolken

- Analyse von Punktwolken
 - Modell-Datengetrieben
 - RANSAC

Industrielle Bildverarbeitung und Machine Vision (2. Sem., Ulrich, Urban, 1+1, Wahlpflicht)

- Aufnahmesysteme in industriellen Umgebungen, z.B. Beleuchtung (Durch-, Auf-, Schräglicht)
- Geometrische und radiometrische (Selbst-)Kalibrierungsverfahren
- Bildaufnahme- und Bildverbesserungsverfahren
- Generische Objekterkennungsverfahren in der Industrie
- Echtzeitobjekterkennung komponentenbasierte Objekterkennung
- Verfahren zur Qualitätskontrolle
- Anwendungsbeispiele, z.B. OCR

Schätztheorie (2. Sem., Hinz, Illner, 2+2, Pflicht)

- Einführung in die Wahrscheinlichkeitstheorie
- Herleitung und Fortpflanzung von Wahrscheinlichkeitsdichtefunktionen
- Statistische Detektionsmethoden
- Generative und diskriminative Klassifikationsverfahren
- Parameterschätzung, Cramer-Rao-Bound
- Fortgeschrittene Verfahren der Parameterschätzung in linearen und linearisierten Modellen
- Optimale Schätzung

Sensorik und Datenanalyse in Computer Vision und Fernerkundung (2. Sem., Vögtle, 2+0, Pflicht):

- Passive bildgebende Sensorik, CCD, CMOS
- Abbildungseigenschaften, Objektive (linear, fisheye) und 3D Rekonstruktionsmodelle
- Aktive Sensorik, TLS, ALS
- Objektmodellierung in Punktwolken
- Aufnahmesysteme der Fernerkundung
- Auswerteverfahren der Fernerkundung

Ingenieurphotogrammetrie und 3D-Messverfahren (Wintersem., Vögtle, 2+1, Wahlpflicht):

- Analoge und digitale terrestrische und Luftbildkameras
- Kalibrierverfahren
- erweiterte Maße der Bildqualität und deren Bestimmung
- Projektplanung

- Aufnahmeverfahren
- spezielle Aspekte der Bildauswertung in der Ingenieurphotogrammetrie
- spezielle 3D-Aufnahme- und Analyse-Systeme (Lichtschnittverfahren, Streifenprojektionsverfahren, Bündelblockverfahren)

Statistische Mustererkennung und wissensbasierte Bildanalyse (2. Sem., Hinz, Wursthorn, 2+2, Wahlpflicht):

- Objekt-, Sensor- und Bildmodelle
- Extraktionsstrategien und regelbasierte Methoden
- Repräsentationsformalismen in der Bildanalyse
- Beispiele wissensbasierter Bildanalyse
- Lernverfahren und aussehensbasierte Modellierung
- Graphische Modelle, Bayes-Netze
- Conditional und discriminative Random Fields

SAR und InSAR-Fernerkundung (2. Sem., Hinz, Westerhaus, 2+1, Wahlpflicht)

- Methoden der SAR-Bildgenerierung
- Charakteristiken von SAR Bildern
- Bewegte Objekte in SAR Bildern
- InSAR und differentielles InSAR
- Persistent Scatterer InSAR
- Polarimetrisches SAR

Seminar Topics of Remote Sensing (2. Sem., Weidner, 1+0, Wahlpflicht)

Die Veranstaltung vermittelt Studierenden einen Einblick in ausgewählte Themen der Fernerkundung. Das jeweils zu bearbeitende Thema wird in Anlehnung an laufende oder geplante Forschungsprojekte des Instituts gestellt.

Methods of Remote Sensing (1. Sem., Weidner, 1+1, Pflicht)

Die Veranstaltung vermittelt Studierenden einen Überblick über Methoden der multi-spektralen Fernerkundung. Anhand von Anwendungsbeispielen wie der Landbedeckungsklassifizierung und der Änderungserkennung werden Anforderungen an Fernerkundungsdaten und deren Prozessierung, insbesondere pixel- und segmentbasierte Klassifizierungsverfahren, vorgestellt. Eine Auswahl von Methoden wird im Rahmen der Übung angewendet und hinsichtlich ihrer Eignung und Güte der Ergebnisse untersucht.

Visualisierung von Geodaten in 2D, 3D und 4D (2. Sem., Lucas, 1+1, Wahlpflicht)

Die Veranstaltung vermittelt den Studierenden einen Überblick über die wesentlichen Konzepte im Bereich der Visualisierung von zwei und dreidimensionalen Geoobjekten. Die Wirkungsweise von Beleuchtungs- und Shadingmodellen wird vermittelt. Dabei fokussiert das Modul auf die Nutzung und Anwendung von Programmierschnittstellen wie OpenGL zur 2D und 3D Darstellung. Darauf aufbauend führt das Modul in die Web Graphics Library (WebGL) zur browserbasierten Visualisierung räumlicher Objekte sowie in Beschreibungssprachen für 3D-Modelle (z.B. X3D) und in den Prozess des Renderings (z.B. Mapnik für 2D, Blender für 3D und 4D) ein. Die theoretischen Aspekte werden anhand konkreter Anwendungen und praktischer Beispiele in Übungen umgesetzt.

Projekt Computer Vision (3. Sem., alle Dozenten, 0+3, Wahlpflicht) und Projekt Luftbildphotogrammetrie und Fernerkundung (3. Sem., alle Dozenten, 0+3, Wahlpflicht)

Den Studierenden werden durch die Bearbeitung von Fragestellungen im Rahmen eines Projektes vertiefte Kenntnisse und Fähigkeiten im Bereich Computer Vision bzw. Fernerkundung vermittelt. Die Projektarbeit umfasst den gesamten Ablauf von der Planung über die Datenaufbereitung und –analyse bis zur adäquaten Präsentation der Ergebnisse.

Die Inhalte der Veranstaltung variieren von Semester zu Semester.

Hyperspektrale Fernerkundung (3. Sem., Weidner, 1+1, Wahlpflicht):

- Unterscheidung multi- vs. hyperspektrale Fernerkundung
- hyperspektrale Fernerkundungssensoren (satelliten-, flugzeuggetragen)
- Verfahren zur Vorverarbeitung (Transformationen, Merkmalsauswahl, -reduktion)
- Klassifizierungsverfahren (Matched Filter, SAM, Unmixing; Support Vector Machines (SVM))
- Anwendungsbeispiele
- Übungen (Weidner):
 - Datenaufbereitung
 - Durchführung von Transformationen und Merkmalsauswahl
 - Durchführung einer Klassifizierung
 - Kurzvortrag zu einer vorgegebenen Literaturstelle

2.3 Weitere Lehrveranstaltungen

Blockkurs Einführung in die Photogrammetrie für Architekten (5. Sem., Vögtle)

- Sensoren: Analoge und digitale Kameras, innere Orientierung, Rotationszeilenkamera, terrestrische Laserscanner

- Aufnahmeverfahren: Einzelaufnahmen, Stereomodelle, Bildverbände
- Auswerteverfahren: Entzerrung/Orthophoto, Modellorientierung, Bündelblockausgleichung
- Übungen (Vögtle):
 - perspektivische Entzerrung einer Fassadenaufnahme
 - relative und absolute Orientierung eines Stereomodells, stereoskopische Auswertung wesentlicher Fassadenelemente
 - monoskopische Bildkoordinatenmessung konvergenter Aufnahmen, Bündelblockausgleichung, Erzeugung eines virtuellen Gebäudemodells inkl. Texturmapping

Umfang: 6 Vorlesungsstunden + 14 Übungsstunden

Einführung in GIS für Studierende natur-, ingenieur- und geowissenschaftlicher Fachrichtungen (Rösch/Lucas, Wintersemester, 2+2)

Lernziel: Vermittlung der Grundlagen eines GIS, Kennenlernen des Ablaufs von der Datengewinnung über Datenverarbeitung bis zu Abfragetechniken und Analysemethoden im Zuge anwendungsbezogener Arbeiten.

Teilnehmer: Studierende natur-, ingenieur- und geowissenschaftlicher Fachrichtungen

Voraussetzungen: Basiscomputerkenntnisse

- Gliederung: Einführung: Was ist GIS, Überblick, Literatur, Internet, Beispiele
- Bezugssysteme: Koordinatensysteme, Koordinatentransformation
- Grundlagen der Informatik: Aufbau von Rechnersystemen, Betriebssysteme, Software, Compiler, Datentypen, Datenorganisation, Algorithmen, Netze / Protokolle
- Geoobjekte: Modellierung von Geoobjekten, Vektormodell, Rastermodell
- Digitale Geodaten: Direkte Messung terrestrisch, Direkte Messung GPS, A/D Wandlung, Fernerkundung, Datenqualität, ATKIS/ALKIS/DBTOPO, Metadaten, Georeferenzierung, Austauschformate
- Datenbanksysteme: Relationales Modell, SQL, Modellierung, Schnittstellen
- Analysen: Vektor basiert, Raster basiert, Graphentheorie
- Visualisierung: Computergrafik inkl. Farbenlehre, Thematische Kartografie, GIS-Projekte durchführen
- GIS-Software: Desktop, Geodatenserver, Web-GIS
- 3D-GIS am Beispiel ArcGIS-3D und ArcScene
- Übungen: Die folgenden Übungsabschnitte werden zu einer durchgehenden Übung möglichst in einem gemeinsamen Übungsgebiet verbunden. Die Übungsaufgaben werden mit der GIS-Software ESRI ArcView 9.x bearbeitet.
 - Koordinatentransformationen und Datumsübergang (mit FME)
 - Verknüpfung von Geometrie und Sachdaten
 - Analysen (Verschneidung, Puffer, kürzeste Wege, Kostenfunktionen usw.)
 - Georeferenzierung
 - On-screen-digitizing
 - Datenimport und -export bzw. Datenaustausch
 - Übungen zu SQL mit Postgresql
 - Übungen mit ArcGIS-3D und ArcScene

Karten und Bilder als Datenbasis für Entscheidungen (Masterstudiengang Regionalwissenschaft, Weidner, Thiele, Wintersemester, 2+0)

Die Veranstaltung richtet sich schwerpunktmäßig an ausländische Studierende im deutschsprachigen Masterstudiengang *Regionalwissenschaft*. Inhalte sind ausgewählte Kapitel aus Kartographie, Photogrammetrie und Fernerkundung. Ziel dieser praxisorientierten Lehrveranstaltung ist die Vermittlung von Basiswissen mit der Anregung zu eigener Vertiefung und zur Nutzung der Handwerkzeuge für Abschlussarbeiten wie auch in späterer beruflicher Praxis.

Übungen innerhalb des Vorlesungszyklusses widmen sich der Luftbildinterpretation, dem Kartenlesen und einer praktischen Einführung in die Arbeit mit GIS.

Remote Sensing and Geoinformation Systems (Resources Engineering Master Course, Vögtle, Wintersemester, 2+0)

- Definitions and Applications
- Sensors
- Introduction to Image Processing
- Basics of Photogrammetry and Remote Sensing
- GIS: Examples
- Demonstration and Laboratory (Weidner):
- ArcGIS introduction
- unsupervised classification
- supervised classification

Umfang: 2 Vorlesungsstunden pro Woche (zweijährig)

Sensors and Signals in Remote Sensing (GRACE, Jutzi, 2+1)

Remote sensing in climate and environment is introduced and typical applications are presented. Lectures on signals and statistics as well as advanced single and multi-dimensional data processing are also given.

- Introduction
- Mathematical Principles
- Systems & Signals
- Fourier-Series
- Delta Function
- Convolution
- Fourier-Transformation
- LTI-Systems & Modulation
- Digital Signal Processing
- Random Signals
- Signal Reconstruction
- Interpolation
- Multi-dimensional System Theory

Image Processing and Computer Vision (GRACE, Weidner, 2+1)

The lectures and labs provide an introduction to basics of image processing and computer vision. The content is adapted to the knowledge and needs of GRACE-participants and includes filter, image restoration, feature extraction, geometric and radiometric transformations, segmentation, classification and quality assessment.

3 Forschung und Entwicklung

3.1 Bild- und Bildsequenzanalyse

Auswirkungen der Entwaldung auf die Artenvielfalt im Biodiversitäts-Hotspot Zentral-Chile. Geoökologische Untersuchungen unterstützt durch multi-temporale Fernerkundungsdaten

Andreas Ch. Braun

Zielsetzung & Aufgabenstellung

Die Küstenregion von Zentral-Chile ist eines der 25 Zentren für die biologische Artenvielfalt der Welt (Biodiversitäts-Hotspot sensu Myers et al 2000). Seit 1974 werden die naturnahen Primärwälder (Abb. 1a) durch Baumplantagen mit exotischen Arten (Abb. 1b) ersetzt. Die Plantagen werden durch nicht nachhaltige Kahlschlag-Bewirtschaftung geerntet (Abb. 1c). Naturnahe Wälder verbleiben fast ausschließlich auf Restflächen in Plantagen (Abb. 1d). Das Ausmaß dieses Prozesses und seine Bedeutung für die Biodiversität werden im Rahmen der Arbeit erfasst. Dazu werden geoökologische Geländeaufnahmen mit Fernerkundungs-Ergebnissen kombiniert.



Abb. 1a: naturnaher Wald b: Baumplantage c: Kahlschlagfläche d: Waldrest

Geoökologische Ergebnisse

Durch pflanzensoziologische Geländeaufnahmen (sensu Braun-Blanquet 1928) konnte bislang gezeigt werden: Die Artenvielfalt in Plantagen ist um mindestens 45% reduziert (Abb. 2a). In hinreichend großen naturnahen Wäldern ist sie hingegen hoch (Abb. 2b) Innerhalb von Plantagen sind die Baumart und Baumhöhe wichtige Einflussfaktoren der Artenvielfalt (Abb. 2c)

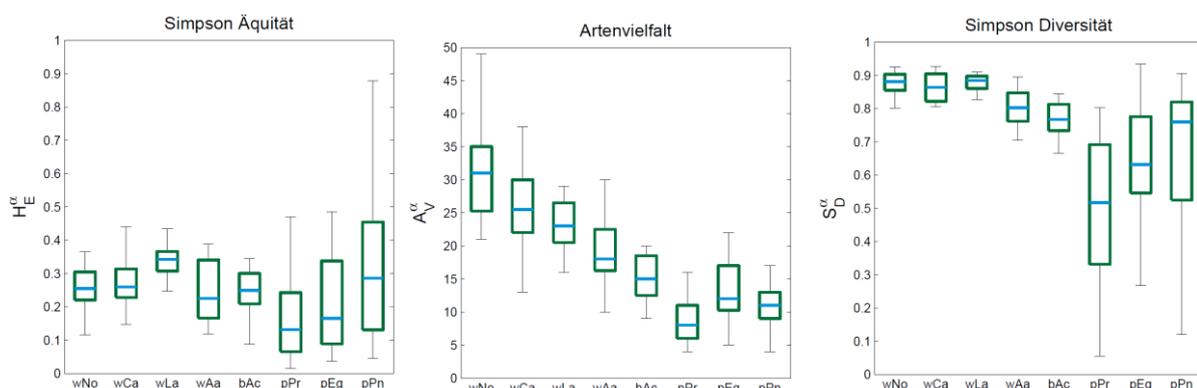


Abb. 2: Artenreichtum von a: verschiedene Formationen b: Plantagen c: Wäldern

Fernerkundliche Ergebnisse

Durch multitemporale Klassifizierung (1975, 1990, 2000, 2009) konnte bislang gezeigt werden: Es verbleiben weniger als 4% Bedeckung mit Wald (einst: über 25%). Die Entwaldung kann größtenteils der Plantagenwirtschaft zugeschrieben werden. In Zentral-Chile ist die Entwaldung weitestgehend abgeschlossen, in Patagonien hingegen setzt sie erst ein.

Konzeption und Realisierung einer flexiblen Multi-Sensor Fernerkundungsplattform Förderung durch KIT - Zentrum für Klima und Umwelt in Kooperation mit dem Fraunhofer-IOSB

Boris Jutzi, Martin Weinmann, Stefan Hinz

Im Rahmen der Kooperation soll eine flexible, multisensorielle Fernerkundungsplattform konzipiert und realisiert werden. Die Flugplattform – ein leistungsfähiger Quadkopter – wird vom IOSB beigesteuert und kann über die seit mehreren Jahren vertraglich geregelte Kooperation zwischen IOSB und IPF für gemeinsame Kampagnen genutzt werden.

Die Fernerkundungsplattform kann für Datenerhebungen sowie Referenz- und Kalibriermessungen in Bereichen genutzt werden, die sich von der atmosphärischen Fernerkundung über die 3D-Erfassung anthropogener und natürlicher Räume bis hin zur hydraulischen/hydrologischen Modellierung und dem Monitoring von Ökosystemen erstrecken.

Im Berichtszeitraum wurde in Kooperation mit Fraunhofer-IOSB eine Fernerkundungsplattform konzipiert und prototypisch umgesetzt (Abb. X190). Die Spezifikation umfasst neben einer internen Navigationseinheit im Wesentlichen:

- bis zu 4 GoPro Kameras mit Videotaktrate (Einzelbild mit maximal 11 Megapixel, maximale Bildrate von 100 Hz (848x480Pixel), maximales Gesichtsfeld von 170°, multiple Blickwinkel)
- 1 Thermalsensor (320x240 Pixel, Long-Wave InfraRed 7 to 14 μm)
- 1 Laserscanner (augensicher, Aufzeichnung von bis zu 3 Echos pro gesendetem Laserpuls, 30m Reichweite, Genauigkeit von +/- 50mm bei 30m)

Aufgrund der zulässigen Payload des UAVs können nach derzeitigem Stand nicht alle 6 Sensoren gleichzeitig geflogen werden sondern nur eine Auswahl.



Abb. 3: Multisensorielle Fernerkundungsplattform

Um eine multisensorielle Fernerkundungsplattform erfolgreich zu betreiben muss die relative Orientierung zwischen den einzelnen Sensoren bestimmt werden (Abb. 3). Insbesondere die genaue Schätzung der relativen Orientierung zwischen dem von einer Kamera erfassten Bild und der von einem Laserscanner gemessenen Zeile ist eine Herausforderung, da eine eindeutige Zuordnung zwischen den unterschiedlichen Beobachtungen nur schwer möglich ist. Es

wurde im Berichtszeitraum ein Lösungsansatz basierend auf einer Labormessung entwickelt mit dem die relative Orientierung bestimmt werden kann.

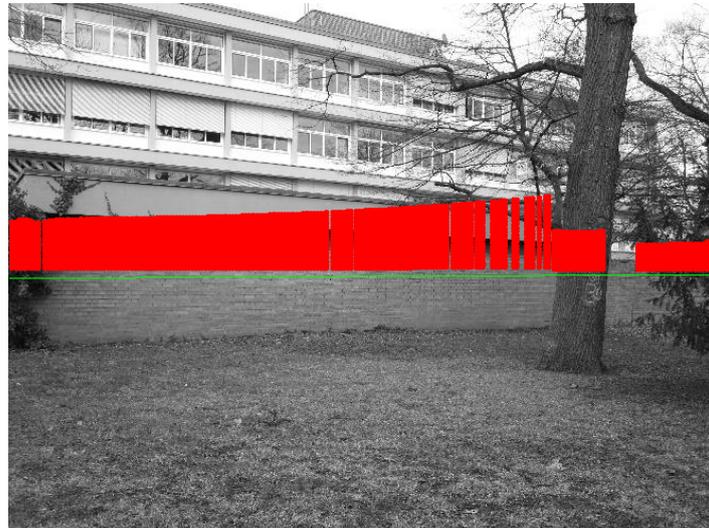


Abb. 4: Bild überlagert mit Laserscanner Messpunkten (grüne horizontale Linie) und einer qualitativen Repräsentation der gemessenen Entfernungswerte (rote vertikalen Linien)

Automatische 3D Rekonstruktion komplexer Straßenkreuzungen aus Luftbildsequenzen durch semantische Modellierung von statischen und bewegten Kontextobjekten

**in Zusammenarbeit mit IPI Leibnitz Universität Hannover (Prof. Christian Heipke)
gefördert durch DFG**

Jens Leitloff

Das Projekt befasst sich mit der semantischen Rekonstruktion von komplexen Kreuzungen aus Luftbildsequenzen. Die Rekonstruktionsaufgabe stützt sich auf semantische Objekte wie Straßenfläche und Fahrbahnmarkierungen sowie Kontextobjekte wie Fahrzeugen und Vegetation. Aufgrund der im Rekonstruktionsprozess inhärenten Unsicherheiten werden als mathematischer Rahmen Conditional Random Fields verwendet, die gegenüber bestehenden Arbeiten bezüglich einer 3D- und einer Zeitkomponente zu erweitern sind. Über die 3D Komponente soll eine korrekte Rekonstruktion der Kreuzungstopologie unterstützt werden. Die Integration der Zeitkomponente soll dagegen die Extraktion von Fahrzeugtrajektorien ermöglichen, die – Fahrbahnmarkierungen ergänzend oder ersetzend – zur Rekonstruktion der kreuzungsinternen Fahrspur- und Abbiegerelationen genutzt werden sollen.

Im Rahmen des Projektes werden zwei Problemstellungen verschränkt miteinander bearbeitet:

1. Durch die Projektpartner der Universität Hannover erfolgt die automatische Ableitung dreidimensionaler Modelle von Straßen in Kreuzungsbereichen.
2. Die automatische Erkennung und Verfolgung von Fahrzeugen wird von Seiten des KIT durchgeführt.

Erste Ergebnisse zeigen, eine deutliche Verbesserung der Szenenklassifikation bei Verwendung von Informationen aus der automatischen Fahrzeugerkennung.

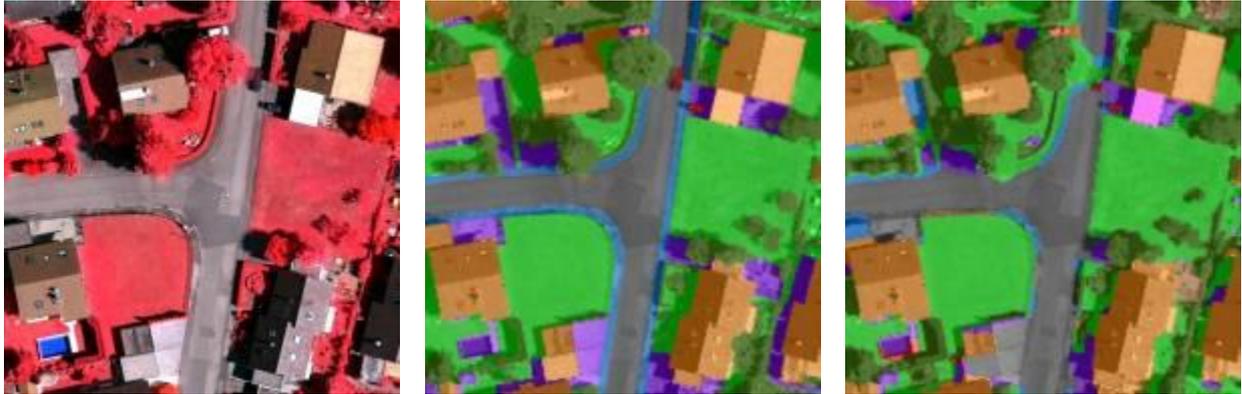


Abb. 5: Klassifikationsergebnisse des linken Bildes mit (mittleres Bild) und ohne (rechtes Bild) Verwendung von automatisch erkannten Fahrzeugen

Mobile bildgestützte Systeme für die Vor-Ort-Visualisierung im Kontext kooperativer Trassenplanung (DFG-Forschergruppe „3D-Tracks“, Teilprojekt E)

Gefördert durch DFG

Steffen Urban, Sven Wursthorn, Jens Leitloff

Kernpunkt der Arbeiten ist die Entwicklung der methodischen Grundlagen und des zugehörigen Systems zur Durchführung von Vor-Ort-Analysen und Bewertungen verschiedener Planungsalternativen und deren Kontrolle. Es soll gleichermaßen im Büro, wie auch simultan vor Ort am Standpunkt des Betrachters/Planers möglich sein, automatisch und in Echtzeit die Verschneidung von altem und neuen bzw. geplanten Bauten vornehmen zu können und auf einem mobilen System, bestehend aus Tablet-PC und Kameras in Form von Augmented Reality zu visualisieren. Dabei können Diskrepanzen erkannt und dokumentiert werden, um somit eine intensive Zusammenarbeit zwischen Verschiedenen Teams im Innen- und Außendienst über eine Kollaborationsplattform (Teilprojekt A) zu ermöglichen. Da innerhalb von Bauwerken und speziell in unterirdischen Bauten keine GPS-Signale empfangen werden können, soll die Lokalisierung des Systems rein bildgestützt erfolgen. Hierzu müssen mehrskalige 3D-Modelle den Bilddaten in Echtzeit zugeordnet werden. Hierzu wurde ein Helmkamerasystem bestehend aus drei Fisheye-Kameras konzipiert, kalibriert und getestet, das durch seinen großen Sichtbereich alle verfügbaren Merkmale der Umgebung abbildet. Anschließend wurden zwei Methoden entwickelt, die eine Selbst-Initialisierung des Systems ohne GPS innerhalb des 3D-Modells ermöglicht.

Bei der ersten Methode werden in einem offline Schritt hypothetische Kamerapositionen erzeugt, von denen Ansichten des 3D-Modells gerendert werden. Diese werden anschließend in der online Phase durch Korrelations- und Matchingverfahren den Kamerabildern zugeordnet.

Die zweite Methode nutzt ebenfalls Positionshypothesen. Hierbei wird jedoch ein Partikelfilter verwendet um eine Wahrscheinlichkeitsdichte zu schätzen, aus der die initiale Kameraposition abgeleitet werden kann.

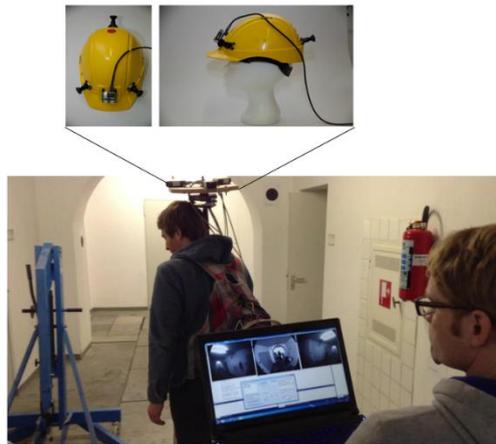


Abb. 6: Neues Helmkamerasystem



Abb. 7: Einsatz des mobilen Systems und Zuordnung des 3D-Modells zu den Bilddaten

EAGLE - Entwicklung und Demonstration einer dynamischen, webbasierten Rating-Plattform für erneuerbare Energien

Förderung durch EU – FP7- Programm

Simon Schuffert, Thomas Vögtle

Das EAGLE-Projekt ist Teil des siebten Rahmenprogramms (RP7) der Europäischen Kommission und trägt den Titel "Entwicklung und Demonstration einer dynamischen, webbasierten Rating-Plattform für erneuerbare Energien".

Das Ziel des Projektes ist es, dass die beteiligten kleinen und mittleren Unternehmen ihre Marktdurchdringung bei der Konstruktion, Herstellung und Installation von Technologien *Erneuerbarer Energien* erhöhen. Dafür wird eine intelligente web-basierte *Erneuerbare Energien Plattform* geschaffen. Um dieses Ziel zu erreichen, sollen leicht verständliche, objektive und genaue Informationen über Erneuerbare Energiesysteme, die auf Gebäuden installiert werden können, bereitgestellt werden. Zu diesen Informationen zählen auch Investitionsrenditen individueller Installationen. Zusätzlich werden Informations- und Bildungskampagnen über die Vorteile erneuerbarer Energien für Hausbesitzer wie auch andere Endbenutzer (z.B. Verwaltungen, private Unternehmen etc.) ermöglicht.

Die Schwerpunkte der Arbeiten am IPF liegen darin, geeignete Dachflächen aus 3D-Höhendaten z. B. Luftbildern oder ALS-Daten abzuleiten und daraus geeignete Dachflächen zu extrahieren, die für solartechnische Anlagen relevant sind.

Das Bildbeispiel zeigt automatisch extrahierte Dachflächen, die aus 3D-Laserscannerdaten einer Befliegung des Projektpartners Bluesky International Limited in Leicester/England abgeleitet wurden. Die Einfärbung der Dachflächen zeigt den Grad der Verschattungen im Dezember an (dunkel Orange: nahezu keine Verschattung, dunkel Violett: starke Verschattungen).

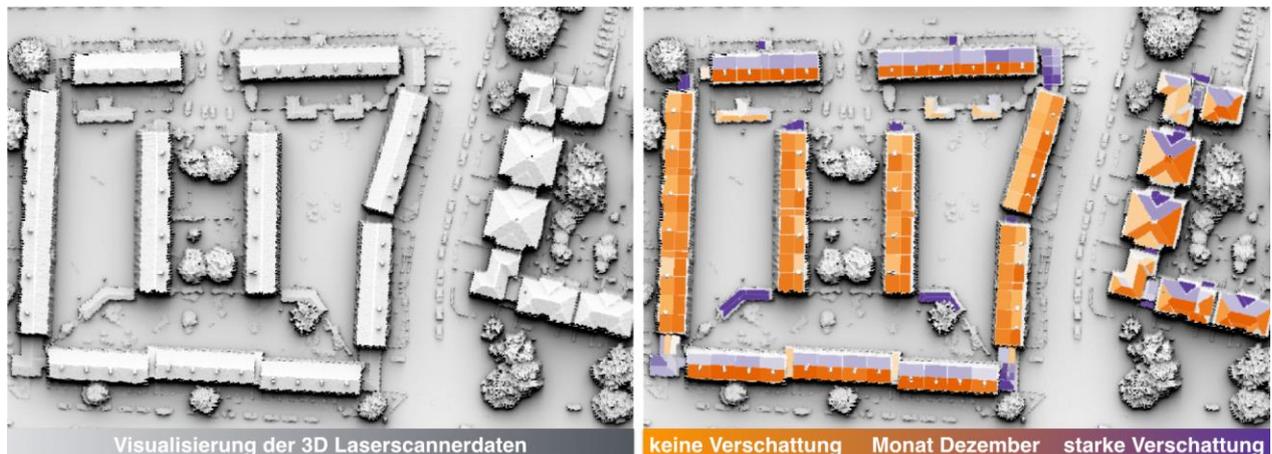


Abb. 8: links: Original-ALS-Daten (Rasterweite: 0,25m), rechts: extrahierte Dachflächen mit ihrem farbko-dierten Verschattungsgrad

Photogrammetrische Aufnahme von Teilbereichen des Asklepieions von Kos/Griechenland

gefördert durch die DFG

Konrad Ringle, Thomas Vögtle

Im Rahmen des Schwerpunktprogrammes der DFG *“Die hellenistische Polis als Lebensform. Urbane Strukturen und bürgerliche Identität zwischen Tradition und Wandel”* bearbeitet Prof. Dr. Wolfgang Ehrhardt von der Universität Freiburg ein Dokumentationsprojekt im Asklepieion von Kos (Griechenland, Abb.9). Das Asklepieion beansprucht unter den hellenistischen Heiligtumsanlagen eine herausragende Rolle. Aber trotz seiner architekturgeschichtlichen Bedeutung ist die Baugeschichte dieses überregionalen Heiligtums keineswegs geklärt – auch noch hundert Jahre nach der im Auftrag des Deutschen Archäologischen Institutes durchgeführten Grabungen. Eine photogrammetrische Dokumentation ist zunächst notwendig, weil in den Jahren 1930 – 1940 nicht mit dem antiken Befund übereinstimmende dreidimensionale Rekonstruktionen durchgeführt wurden.

In zwei Messkampagnen 2011 wurde die Zwischenterrasse photogrammetrisch, die weiteren Terrassen geodätisch aufgenommen. Dabei wurden die vorhandenen Mauerreste erfasst und dreidimensional ausgewertet. Die genaue Lage der baulichen Reste der Anlage in der Zwischenterrasse wurde in das nationale Koordinatensystem Griechenlands transformiert und in ein 3D-Geländemodell integriert. Damit stehen sie den Archäologen für weitere Untersuchungen zur Verfügung.



Abb. 9: Detailansicht des Asklepieion auf der Insel KOS (GR)

Automatische Erfassung der Position und Drehlage mobiler Einheiten in der Fördertechnik

Eigenmittel

Thomas Vögtle

In Zusammenarbeit mit dem Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme (KIT) wurde ein Projekt zur Bestimmung der Position und Drehlage mobiler Transport-Einheiten der Fördertechnik durchgeführt. Diese mobilen Einheiten, die unterschiedliche Ausprägungen besitzen können, bewegen sich autonom in einer definierten Umgebung mittels vorprogrammierter Fahrwege, die wiederum über die Anzahl der Radumdrehungen (Fahrstrecke) und Lenkbewegungen (Richtung) realisiert werden. Zur Ermittlung der erreichbaren Genauigkeit der Zielposition sowie der Fahrlinie einer solchen mobilen Transportereinheit sollte ein geeignetes Messsystem in der Versuchshalle des Institutes installiert und eine größere Reihe an Messzyklen (mehrfaches Anfahren derselben vorgegebenen Zielposition) durchgeführt werden. Aufgrund der aus Erfahrung bekannten Anfahrergenauigkeit der Fahrzeuge von ca. $\pm 1\text{-}2\text{cm}$ wurde eine Bestimmungsgenauigkeit der realen Fahrzeugpositionen von ca. $\pm 2\text{-}3\text{mm}$ erwartet. Da die Verwendung zielverfolgender Tachymeter oder Lasertracker zu aufwendig gewesen wäre, wurde ein bildbasiertes System konzipiert, das auch bzgl. der einfachen Handhabung und der geringen Kosten für eine spätere industrielle Nutzung geeignet sein sollte.

Die Konzeption sieht vor, eine Digitalkamera guter Auflösung ($> 10\text{ MPixel}$) an der Deckenkonstruktion der Werkhalle mit einer Aufnahmerichtung genähert senkrecht zur Arbeitsfläche fest zu installieren. Diese erfasst sowohl die 3 Zielmarken, die zur Bestimmung der Position und Rotation auf der Oberseite der mobilen Einheiten angebracht wurden (Abb. 10 und 11), als auch die Passpunktmarken in den vier Ecken der Arbeitsfläche, die in diesem Projekt ca. $5\text{m} \times 5\text{m}$ beträgt (Abb. 12).

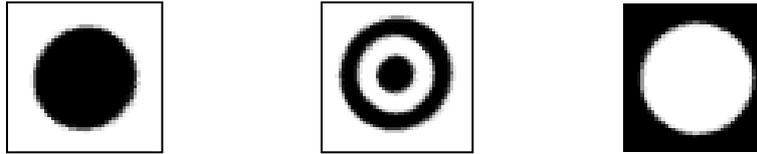


Abb.10: Zielmarken unterschiedlicher Form zur eindeutigen Zuordnung

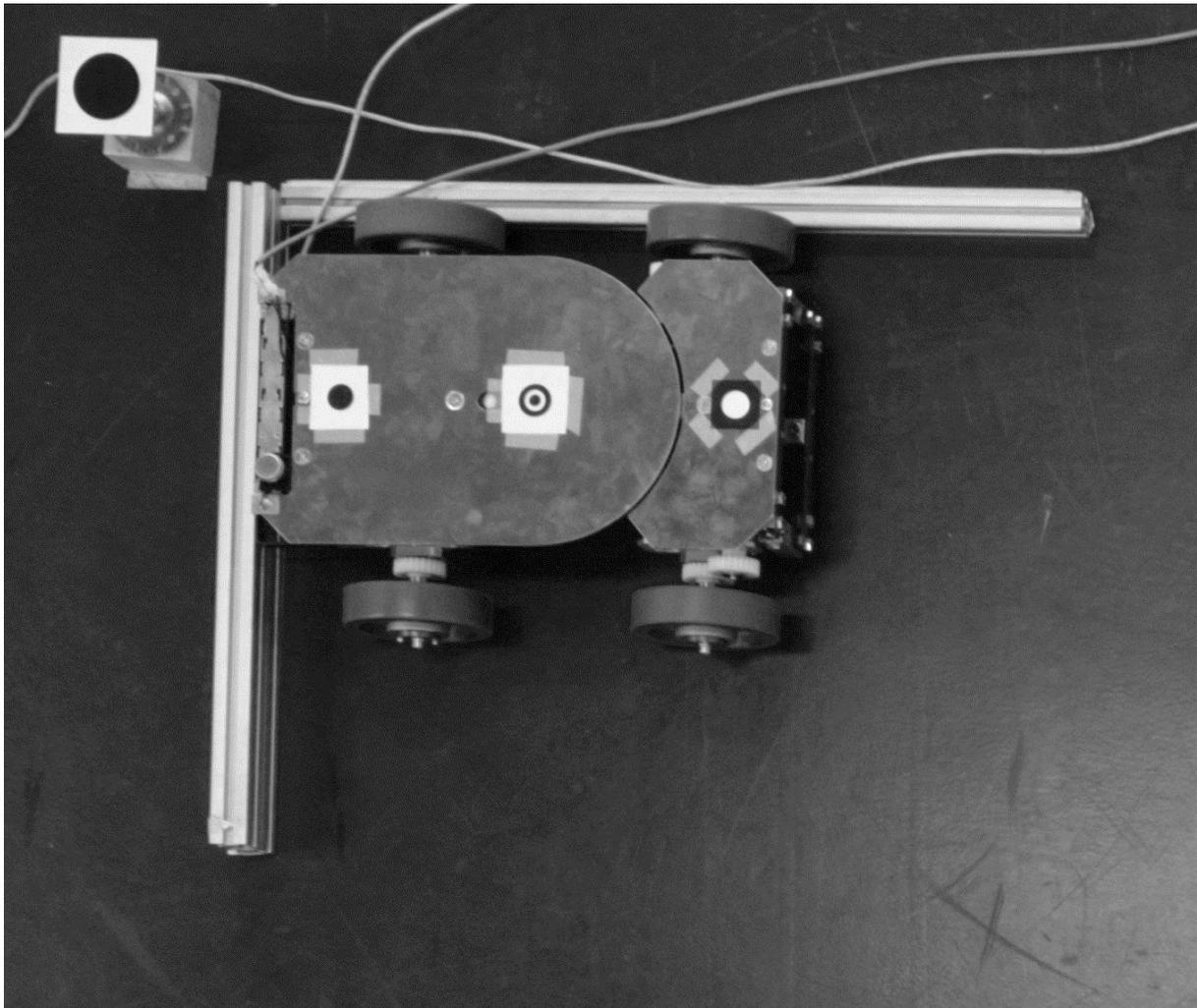


Abb. 11: Mobile Transporteinheit mit aufgebrahten Zielmarken zur Bestimmung der Position und Rotation

Letztere definieren das lokale Koordinatensystem, deren Koordinaten mittels Streckennetz bestimmt wurden (Genauigkeit: $\pm 1\text{mm}$). Um die unterschiedlichen Höhen der mobilen Einheiten berücksichtigen zu können, wurden die Passpunktmarken auf einen horizontalen Träger mit vertikalem Gewinde angebracht, so dass die Passpunktmarken auf dieselbe Höhe wie die Marken am Fahrzeug eingestellt werden können, wodurch eine zusätzliche Berücksichtigung des Höhenunterschiedes vermieden werden kann und sich eine projektive Beziehung zwischen zwei Ebenen ergibt, die nach Messung der Bildkoordinaten der Passpunktmarken bestimmt werden kann. Danach können nun die Fahrversuche ohne Änderung der Aufnahmekonstellation durchgeführt werden. Zunächst wurden lediglich die jeweiligen Anfangs- und Endstellungen (Abb. 12 und 13) der mobilen Einheit automatisch mittels Methoden der digitalen Bildanalyse (Matching-Verfahren) auf Basis der drei unterschiedlichen Markenformen (vgl. Abb. 10) eindeutig bestimmt.

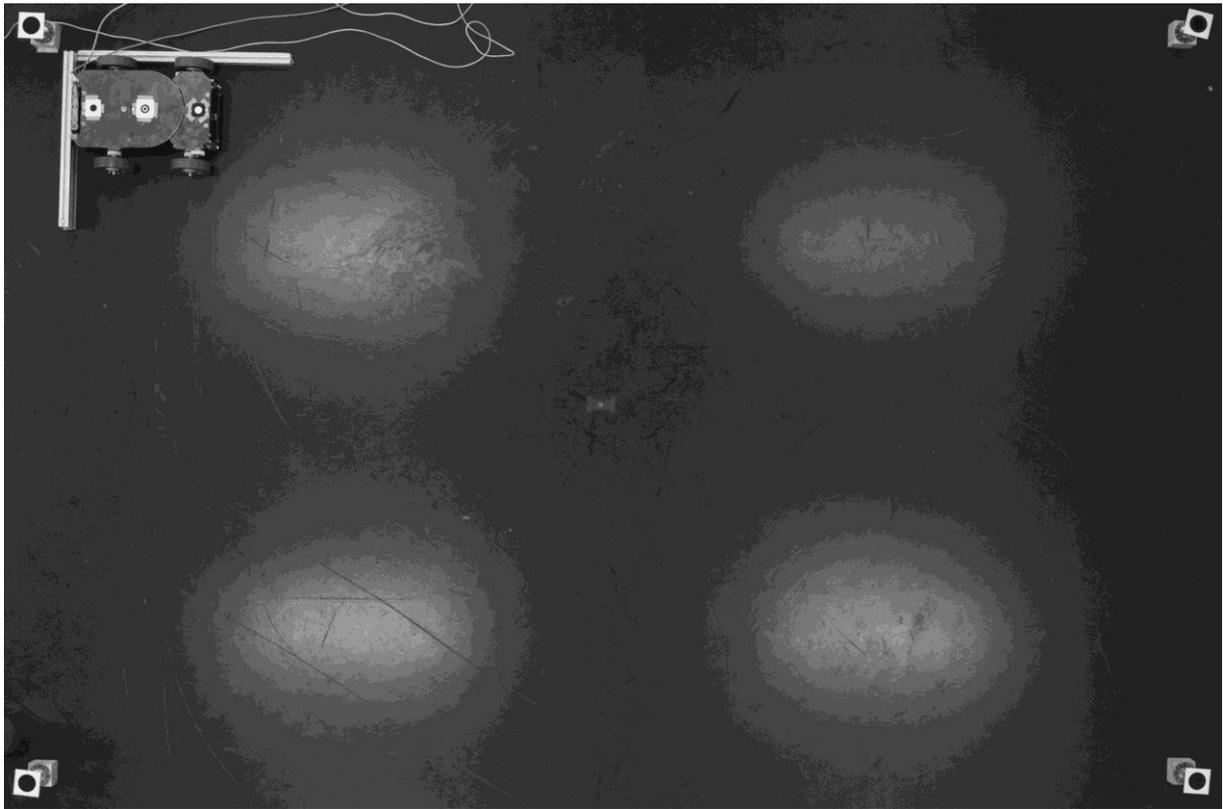


Abb. 12: Arbeitsfläche mit Passpunktmarken, mobile Einheit in Anfangsposition

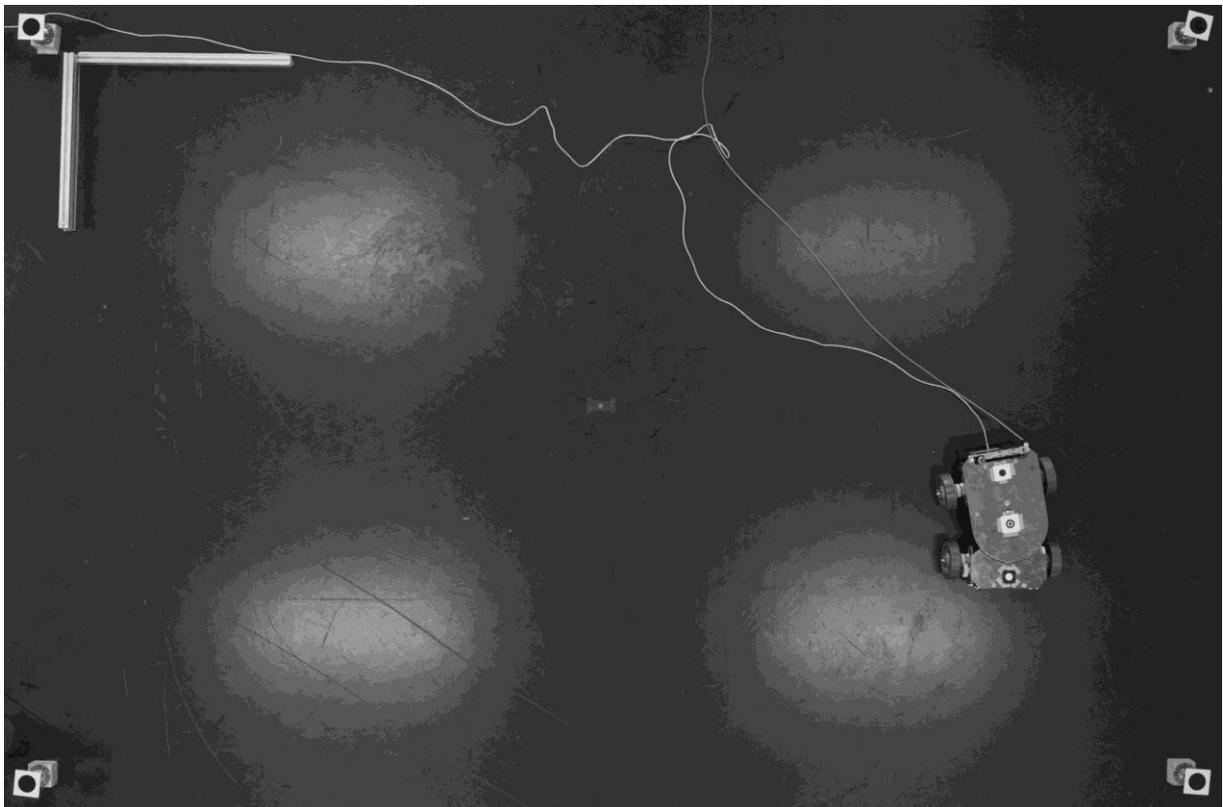


Abb. 13: Arbeitsfläche mit Passpunktmarken, mobile Einheit in Endposition

Als Matchingverfahren konnte aufgrund der senkrechten Aufnahme­richtung die Kreuzkorrelation mit Parabelinterpolation mit genügender Genauigkeit eingesetzt werden. In weiteren Versuchsreihen wurde auch der Fahrweg erfasst, wozu Bildsequenzen mit einer Bildrate von 1 Bild/sec aufgenommen wurden. Auch hier erfolgte das Tracking der Fahrzeugmarken mit Hilfe des automatischen Matchingverfahrens.

Aufgrund der Pixelgröße von ca. 1.5mm am Boden konnte mit diesem Ansatz die geforderte Genauigkeit eingehalten werden. Selbst unter Berücksichtigung einer gewissen Restunsicherheit durch mögliche Bodenunebenheiten (die sich jedoch lediglich in den Randbereichen der Arbeitsfläche auswirken könnten) liegt die Genauigkeit noch weit über den zu erfassenden Abweichungen aufgrund der Fahrdynamik der mobilen Einheiten

3.2 SAR- und Mikrowellenfernerkundung

Fusion von InSAR und Stereo-SAR Daten zur Änderungsanalyse im städtischen Gebiet

Dissertation Clémence Dubois (Stipendiatin GRACE)

Kernpunkt der Arbeit ist die Extraktion von vergleichbaren Gebäudeparametern aus InSAR und Stereo-SAR Daten, um Änderungen an Gebäuden detektieren zu können.

Das Untersuchungsgebiet befindet sich im Nord-Osten von Paris, wo von 2012 bis 2013 mehrere Gebäudeabrisse im Rahmen eines Stadtentwicklungsprojekts stattgefunden haben. Wie in vielen modernen Stadtteilen, weisen die Gebäude in diesem Gebiet einen rechteckigen Grundriss mit Flachdach auf. Zudem sind diese Gebäude relativ hoch, was in den SAR Daten zu einer vorherrschenden Layoversignatur führt. Deswegen wird in der Analyse auf solche Layovergebiete fokussiert.

Bei der interferometrischen Auswertung werden sowohl single-pass TanDEM-X- als auch repeat-pass TerraSAR-X-Daten berücksichtigt. Für den radargrammetrischen Ansatz werden bis zu sechs unterschiedliche Aufnahmewinkel und –konfigurationen verwendet.

Aus den InSAR-Daten soll der ursprüngliche Zustand der Gebäude (Grundriss und Höhe) abgeleitet werden. Hierfür werden Detektoren eingesetzt, die das typische Muster im Layoverbereich von Gebäuden im Phasenbild erkennen. Aus dem Ergebnisbild können Gebäudehinweise segmentiert und Parallelogramme eingepasst werden, von denen die Gebäudeparameter (Höhe, Länge, ggf. Breite) direkt abgeleitet werden. Hierbei ist es auch möglich zu unterscheiden, ob nur eine oder zwei Fassaden von einem Gebäude sichtbar sind.

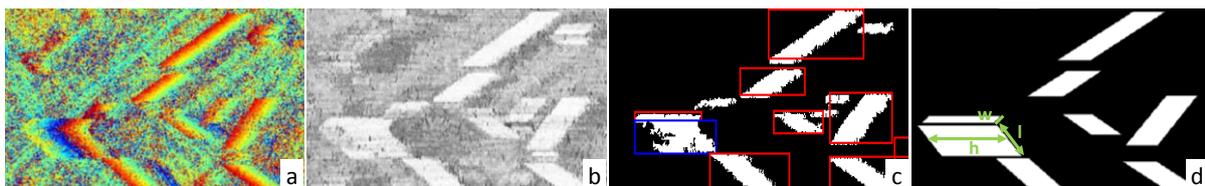


Abb. 14.: a) InSAR-Phasenbild; b) Ergebnis der Phasendetektoren; c) segmentierte Gebäudehinweise; d) extrahierte Parallelogramme und Gebäudeparameter, die daraus abgeleitet werden

Die aus der InSAR Verarbeitung extrahierten Gebäudemerkmale werden dann in die Stereo-SAR Bearbeitung eingesetzt. Hierbei wird eine Versatzkarte, basierend auf einer Bildpyramide, erzeugt, aus der die typische Gebäudesignatur extrahiert werden kann. Durch Analyse

und weitere Filterung dieser Signatur können auch die Gebäudeparameter (Länge und Höhe) abgeleitet werden, und mit den aus den InSAR-Daten extrahierten Parametern verglichen werden.

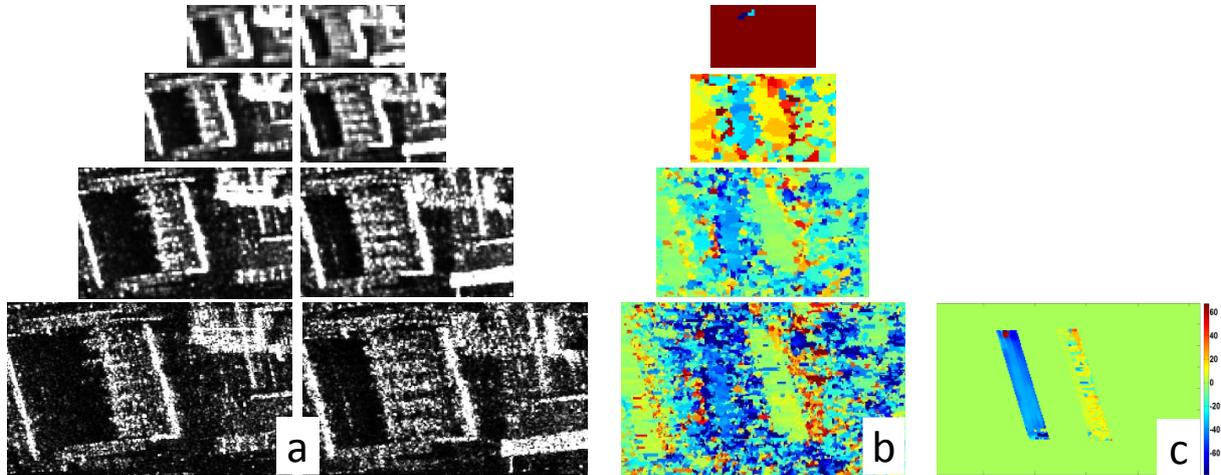


Abb.15.: a) Bildpyramide von einem Stereo-SAR-Bild-Paar; b) korrespondierende Versatzkarte; c) extrahierte Merkmale. Die Höhe vom Gebäude wird aus den Versatzwerten des linken Parallelogramms abgeleitet.

Ein weiterer wichtiger Punkt dieser Arbeit besteht darin, neben der Entwicklung der InSAR- und Stereo-SAR-Arbeitsabläufe, die besten Aufnahmekonfigurationen für beide Verfahren zu ermitteln.

AnalySAR-II (Very High Resolution SAR) – 3D Rekonstruktion von Gebäudekomplexen in SAR-/InSAR-Daten mittels iterativen Analyse- und Syntheseverfahren basierend auf „Marked Point“-Prozessen

Förderung durch DFG

Antje Thiele, Clémence Dubois, Stefan Hinz

Das DFG-Bündel zu Very High Resolution Synthetic Aperture Radar (VHR SAR) beschäftigt sich mit der 3D- und 4D- (räumlich-zeitlichen) Analyse von baulicher Infrastruktur aus VHR SAR-Daten. Die Gruppen der TU München (Profs. Bamler und Stilla), der Uni Hannover (Prof. Sörgel), der TU Berlin (Prof. Hellwich) sowie des KIT (Prof. Hinz) gehen dabei diese Fragestellung aus verschiedenen Richtungen an: Neben der klassischen Fragestellung der eigentlichen Rekonstruktion von Gebäudeformen, -deformationen und -veränderungen spielen Simulation und Modellierung eine wesentliche Rolle.

In der Einzelstudie des IPF soll ein iteratives, objektmodell-getriebenes Bildanalyseverfahren zur automatisierten 3D-Rekonstruktion von Gebäudestrukturen aus satellitengestützten interferometrischen SAR-Daten konzipiert, implementiert und evaluiert werden. Im Gegensatz zu anderen Ansätzen wird das zu entwickelnde Verfahren auf ein Minimum an interferometrischen Bildpaaren abgestimmt sein, um insbesondere in zeitkritischen Situationen (z.B. Naturkatastrophen und Krisensituationen) Anwendung zu finden.

Aufgrund des hohen Rauschniveaus von einzelnen SAR-Aufnahmen muss sich die Extraktionsmethodik auf eine stärker modellgetriebene Komponente stützen. Dies schränkt zwar grundsätzlich die Vielfalt an extrahierbaren Gebäudegeometrien gegenüber datengetriebenen Vorgehensweisen ein, doch auch eine explizite Objektmodellierung kann sehr leistungsfähig sein. Dies trifft insbesondere zu, wenn sie mit einer statistischen Komponente durch Marked-

Point-Prozesse bzw. Markov Chain Monte Carlo Sampling-Methoden unterlegt wird. Ein hohes Maß an Flexibilität kann außerdem durch die Integration von sog. „reversible jumps“ – also Modifikationen des Parametersatzes im Modell – erreicht werden.

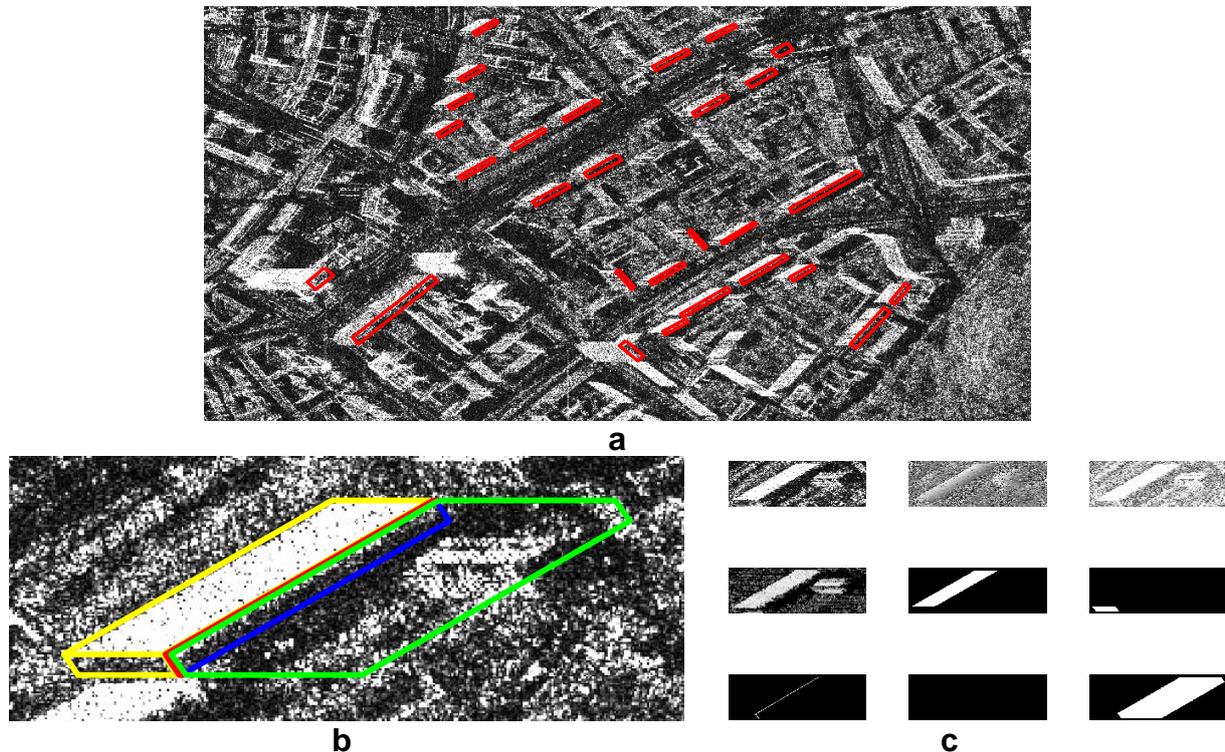


Abb. 16: Erzeugung von Trainingsdaten: Szene Berlin überlagert mit Gebäudegrundrissen (a); Gebäude überlagert mit Signaturanteilen (b), InSAR-Komponenten und Detektorbild sowie Masken der Gebäudeanteile (c)

Im ersten Schritt wurde das Auswertekonzept aufgestellt, in welchem die Datengrundlage, die Datenströme, sowie die Modellierung und das Hypothesen-Matching präzisiert wurden. Anschließend erfolgte basierend auf den gewählten InSAR-Daten die Analyse der Gebäudesignaturen, um mögliche Gebäudemerkmale zu extrahieren. Legt man im ersten Schritt einen simplen rechteckigen Quader zugrunde, kann man die klassische Gebäudesignatur in fünf Einzelanteile (Layover-Parallelogramm 1 – gelb, Layover-Parallelogramm 2 – gelb, Corner-Bereich – rot, Dachflächenbereich und Schattenfläche – grün) zerlegen (siehe Abb. 16b, Grundriss – blau). In den Standard-InSAR-Komponenten (Amplitude, Phase, Kohärenz, siehe Abb. 16c) sowie in neuen Produkten (z.B. Detektorbild) wurden die Einzelanteile auf signifikante Verteilungsfunktionen für verschiedene Merkmale (z.B. Standardabweichung, Mittelwert) getestet. Dafür wurden Trainingsdaten generiert, die in Abb. 16a visualisiert sind. Im nächsten Schritt werden generalisierte Wahrscheinlichkeitsdichtefunktionen sowie deren Konfidenz-Intervalle definiert, wobei eine Gruppe dieser jeweils einen Einzelanteil der Gebäudesignatur charakterisiert. Im letzten Schritt müssen die Funktionsketten aller Signaturanteile geschickt miteinander verknüpft werden, um einen aussagekräftigen Entscheidungswert zu erhalten. Im Gesamtprozess startet man Top-Down mit einer Gebäudehypothese, vordefiniert durch Länge, Breite, Höhe und Orientierung, und testet an einer zufälligen Geoposition in den InSAR-Daten das wahrscheinliche Vorhandensein eines solchen Gebäudes.

Entwicklung und Validierung interferometrischer und radargrammetrischer Bildanalysemethoden zur automatisierten Extraktion und Charakterisierung von 3D-Gebäudestrukturen für energie- und krisenrelevante Geoinformation

Förderung durch BMBF (Bundesministeriums für Bildung und Forschung)

Antje Thiele, Clémence Dubois, Stefan Hinz

Das Hauptziel dieses Verbundprojektes ist die Entwicklung TanDEM-X-spezifischer Bildanalyseverfahren zur automatisierten Erfassung und Änderungskartierung von Gebäudestrukturen. Das Resultat soll eine objektbasierte Beschreibung des Szeneinhaltes sein, auf deren Basis gebäudespezifische Analysen durchgeführt werden können. Hierbei soll insbesondere das Verwertungspotenzial von monotemporalen TanDEM-X-Daten für die flächendeckende Energiebilanzierung von Gebäuden demonstriert werden. Eine Erweiterung auf multitemporale Daten soll der raschen Gewinnung von Änderungskartierungen dienen, die als Kriseninformation, z.B. während Überschwemmungen oder nach Erdbeben, extrem wichtig sind.

Um eine optimale wissenschaftliche Durchführung und Verwertung der Projektarbeiten zu gewährleisten, ist dieses Projekt als Verbundvorhaben zweier Partner – Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung (IPF) des KIT und European Institute for Energy Research (ElFER) – mit ausgewiesener Expertise in den Bereichen SAR-Fernerkundung und Geoinformatik-gestützter Energieplanung und -management konzipiert.

Im dritten Projektjahr standen schwerpunktmäßig die Datenakquise, die Vervollständigung der Prozesskette zur 3D-Gebäuderekonstruktion, sowie die Formulierung des Auswertekonzeptes für die 3D-Änderungsdetektion im Vordergrund.

Für die Testszenen Karlsruhe und Paris konnten mehrere TanDEM-Datensätze erstellt werden, die durch unterschiedliche Aufnahmemodi, Aufnahmewinkel und Basislinienlängen eine hohe Variation in der Gebäudesignatur beinhalten und deren Untersuchung ermöglichen. Des Weiteren wurde Referenzmaterial durch das Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg in Form von DOM-, DGM-, ALK-Daten sowie Orthophotos bereitgestellt. Im Rahmen von Ortsbegehungen konnten durch ergänzendes Bildmaterial Fassadenstrukturen bzw. Änderungszustände dokumentiert werden. Zur Erstellung von Daten höherer Genauigkeit wurde die Aufmessung von Einzelgebäuden in Auftrag gegeben. Eine Auswahl der Daten ist in Abb. 17 zusammengestellt.

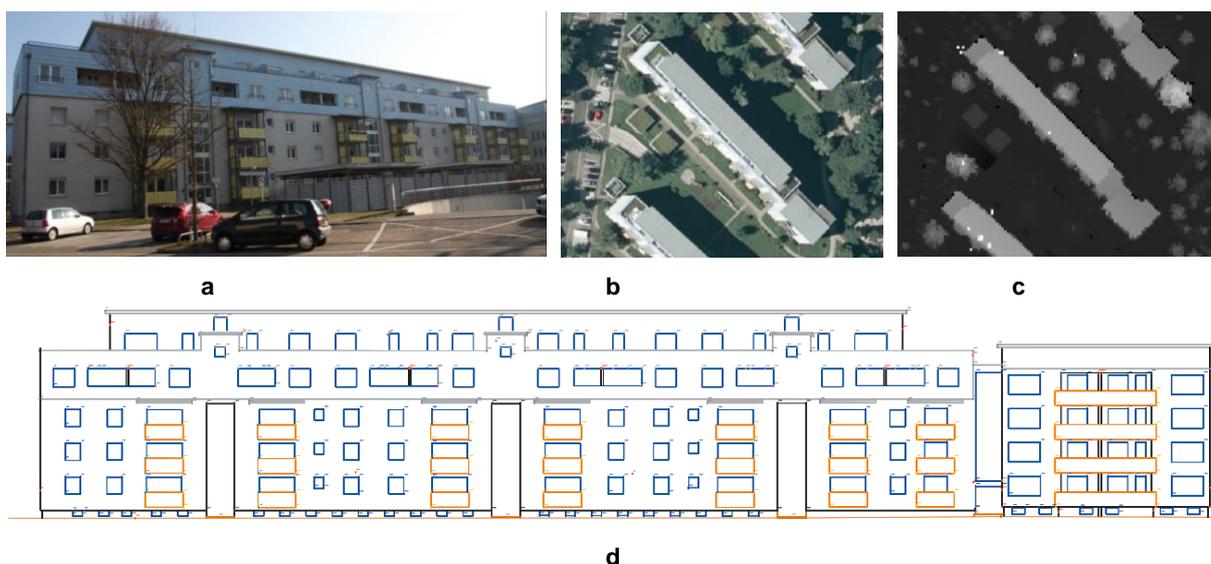


Abb. 17: Referenzdaten – terrestrische Aufnahmen (a), optische Orthophotos (b), FirstPulse LiDAR-Daten (c), Ergebnis der Gebäudeeinmessung (d)

Das Gesamtkonzept der 3D-Gebäuderekonstruktion basiert auf den TanDEM-X-spezifischen Gebäudemerkmalen, die bereits im vorherigen Bericht beschrieben wurden. Der detaillierte

Workflow, der in Abb. 18 dargestellt ist, startet zunächst mit der Extrahierung der TanDEM-X-Einzelaufnahmen aus dem CoSSCs-Format und wandelt deren Datentyp. Anschließend folgt die Berechnung des Interferogrammes. Der Prozess der Gebäuderekonstruktion gliedert sich in zwei Hauptbereiche (visualisiert durch gestrichelte Linie) – die Extraktion von Gebäudesignaturen aus der Gesamtszene und die Detailanalyse von Szenenausschnitten zur Extraktion der spezifischen Gebäudeparameter.

Für die Gesamtszenenanalyse wurde ein Detektor entwickelt, der insbesondere die auffälligen Layover-Signaturen von Gebäuden in den interferometrischen Phasendaten detektiert. Untersucht wird hierbei die Differenz zwischen der gemessenen interferometrischen Phase und einer synthetischen Phasenrampe. Die Steigung dieser Rampe kann aus der Aufnahmegeometrie und den Bildparametern bestimmt werden. Die Negation der durchschnittlichen Abweichung zwischen gemessenen Phasen und synthetischer Phasenrampe entspricht dem Wert des Detektors. Da der Operator richtungsabhängig ist, wird, um diesen Einfluss zu eliminieren, eine Range-Zeile vom Detektor vorwärts und rückwärts durchlaufen. Das Endergebnis des Detektors ist das Maximum aus beiden Durchläufen (Abb. 19a). Ein großer Vorteil dieses Phasendetektors ist die Unempfindlichkeit gegenüber Phasensprüngen wie sie für Hochhäuser oft zu beobachten sind (Abb. 19f). Durch die anschließende Segmentation erfolgt der Übergang von Szenenebene auf Objektebene.

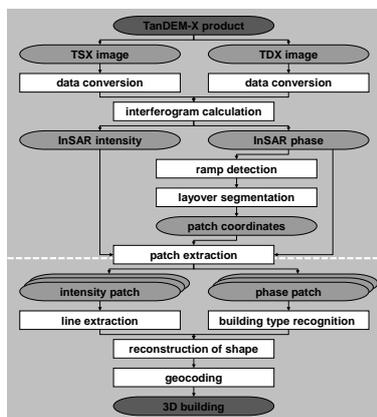


Abb. 18: Workflow der Gebäuderekonstruktion

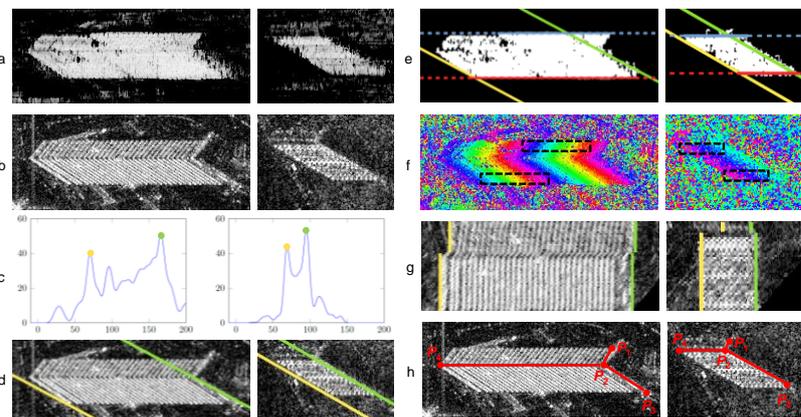


Abb. 19: Extraktion der Gebäudeparameter dargestellt an zwei Beispielen: Ergebnisse des Rampendetektors (a), Intensitätssignatur (b), Hough-Histogramm (c), Detektion der Azimutlinien (d), Ergebnis der Liniendetektion (e), Analyse des Gebäudetyps (f), Eingangsdaten für die Höhenextraktion (g) und 2D-Darstellung des rekonstruierten 3D-Gebäudes (h)

Die Extraktion von Gebäudeparametern erfolgt auf diesen Szeneausschnitten, die die Signatur eines Gebäudes beinhalten und aus dem Ergebnisbild des Rampendetektors extrahiert wurden (siehe Abb. 19a). Auf den korrespondierenden Intensitätsausschnitten (Abb. 19b) wird im ersten Schritt ein Kanten- und Liniendetektor angewendet, um die Layover-Parallelogramme in Range-Richtung abzugrenzen. Durch eine Hough-Transformation auf den resultierenden Wahrscheinlichkeitsbildern kann die Linienorientierung extrahiert werden (siehe Abb. 19c). Die Maxima (Abb. 19 c, d gelb, grün markiert) entsprechen den beiden einschließenden Geraden. Die Abgrenzung des Layover-Gebietes in Azimutrichtung muss modelgegeben horizontal in Slant-Range-Richtung verlaufen (Abb. 19 e blau, rote markiert). Im Detail betrachtet fällt auf, dass für das zweite kleinere Gebäude der gesamte Layover gut eingefasst wird. Dies ist nicht für das erste Gebäude gegeben, da der Layover sich aus zwei Parallelogrammen zusammensetzt. Die Analyse des Phasenrampenverlaufs im Randbereich des Layovers (siehe Abb. 19 f) ermöglicht die Unterscheidung der zwei Typen. Weisen die Phasenwerte innerhalb der schwarz markierten Bereiche Unterschiede in der Orientierung auf, handelt es sich um Layover-Beträge zweier Gebäudeseiten.

Durch die Modellannahme eines rechteckigen Gebäudegrundrisses und den Endpunkten (siehe Abb. 19 g für Höhenextraktion) und Schnittpunkten der extrahierten Linien, lässt sich ein

Gebäudevektor bestehend aus vier Punkten (P_1, P_2, P_3, P_4) aufstellen, aus dem sich Breite, Länge, Höhe und Orientierung des Gebäudes ableiten lassen (Abb. 17h).

Im letzten Schritt werden diese Gebäudedaten von der Slant-Range-Geometrie in die Ground-Range-Geometrie transformiert, um das Endprodukt als 3D-Gebäudemodell im Referenzsystem vorliegen zu haben.

Methodenentwicklung zur Nutzung von Parametern aus Satellitendaten im Rahmen der forstlichen Betriebsplanung und des forstlichen Katastrophenmanagements

Förderung durch BMWi (Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie) / Technische Universität München

Antje Thiele, Stefan Hinz

Das Hauptziel dieses Projektes ist die Entwicklung und die Demonstration eines fernerkundungsgestützten Inventur und Monitoring Systems für den Wald-Forst Bereich, wobei das Projekt in das Gesamtkonzept eines Entscheidungs-Unterstützungs-Systems (EUS) für die Forst-Holz Kette eingebettet ist.

Im Rahmen des dritten Projektjahres stand die Entwicklung von multitemporalen Extraktions- und Klassifikationsroutinen im Vordergrund. Hierbei sind die SAR-Daten aufgrund ihrer Wetter- und Tageszeitunabhängigkeit für schnelle Analysen geeignet. Im Folgenden wird eine multi-sensorielle Datenfusion zur Abschätzung einer Kalamität am Beispiel eines Sturmwurfes beschrieben.

In der Nacht von 13 auf den 14. Juli 2011 hatte ein regionales Sturmereignis im Nationalpark stattgefunden. Nachfolgend lag eine Schlechtwetterlage vor, die die Aufnahme von verwertbaren RapidEye-Daten verhinderte. Infolgedessen wurde die Aufnahme mit dem aktiven, wetterunabhängigen TerraSAR-X Satelliten in Auftrag gegeben. Vier Aufnahmen konnten im Laufe von acht Tagen aufgezeichnet werden, die die Szene unter unterschiedlichen Aufnahmewinkeln und Orbitrichtungen zeigt.

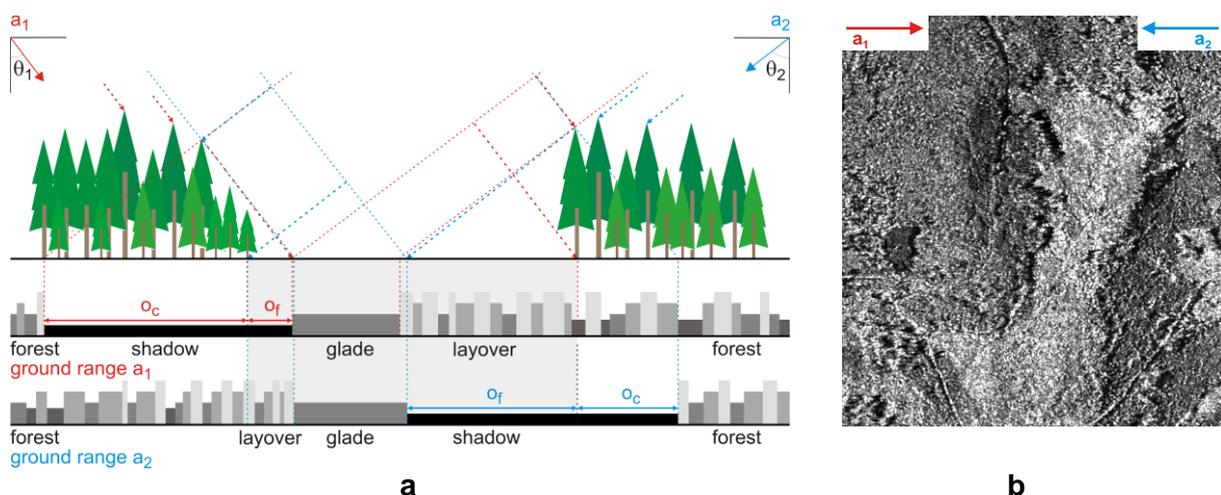


Abb. 20: Schematische Darstellung einer Windwurffläche in multispekt SAR-Daten (a); Fusion der multispekt Bilder zur Extraktion der neuen Waldgrenze (b)

Die Auswertung dieser multispektralen SAR-Daten stützt sich auf die Extraktion von Waldgrenzen durch die Auswertung von Radarschatten, die am sensorfernen Waldrand entstehen. Dieser Schatten zeichnet sich durch einen niedrigen Amplitudenwert im SAR-Bild aus, da durch dicht stehende Bäume keine Radarstrahlung den dahinter liegenden Bereich erreicht. Für die Extraktion der geschlossenen Waldgrenze werden zwei Aufnahmen aus unterschiedlichen Orbits kombiniert, um für jeden Randbereich eine Schatteninformation zu erhalten. Die sich daraus ergebende Aufnahmekonfiguration ist in Abbildung 20 schematisch dargestellt (a)

und in realen Daten gezeigt (b). Die Extraktion der Waldgrenzen aus SAR-Bildern (Abbildung 21a) wurde manuell (grün) und automatisch (gelb) durchgeführt.

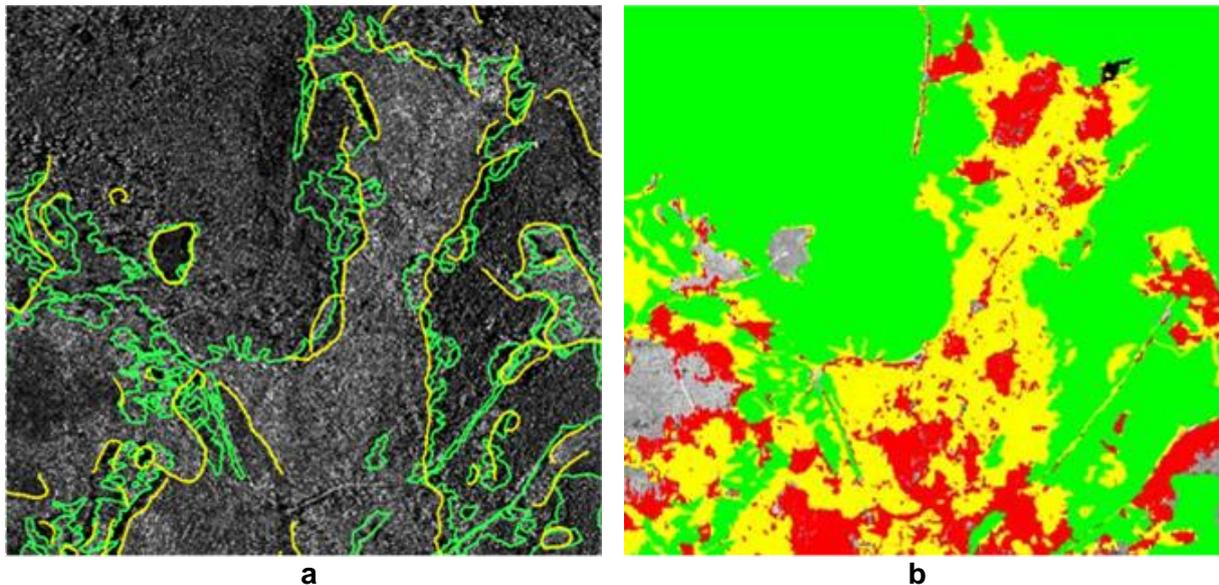


Abb. 21: Ergebnis der Wandrandextraktion (a) - manuell (grün) und automatisch (gelb), Überlagerung der multitemporalen Waldflächen (b) - Orthophoto (rot, 2007), RapiEye (gelb, 2011) und TerraSAR-X (grün, 2011)

Neben den SAR-Daten wurden Archivdaten ausgewertet, die die Waldgrenze zu früheren Zeitpunkten ausweisen. Die Überlagerung der Orthophotofläche (rot), der RapidEye-Fläche (gelb) und der TerraSAR-X-Fläche (grün) ist in Abbildung 21b dargestellt.

In Folge dieser Datenaufbereitung und -fusion konnte man bereits wenige Tage nach dem Sturmereignis, Informationen über die betroffenen Flächen (in Abbildung 21b gelb) und die Größe der Schadgebiete erhalten. Diese schnelle und zuverlässige Schätzung und Visualisierung des Schadausmaßes kann als Erstinformation für die Planung des Katastropheneinsatzes Verwendung finden.

Projektbeteiligte:

Das Vorhaben wird federführend von der Technischen Universität München (TUM) durchgeführt und vom Fachgebiet Waldinventur und nachhaltige Nutzung (WnN) koordiniert. Die technisch/wissenschaftlichen Fragestellungen des Vorhabens werden gemeinsam von dem WnN, dem IPF und der Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) bearbeitet.

ForestSAR: Berechnung von Waldhöhen aus SAR- und InSAR-Daten

Antje Thiele, Clémence Dubois, Stefan Hinz

Die Studie wurde im Rahmen des Projektes *“ReCover - Science based remote sensing services to support REDD and sustainable forest management in tropical region“* vom FeLis der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg in Auftrag gegeben.

Das Hauptziel dieser Studie war drei verschiedene Verfahren zur Bestimmung von Baumhöhen bzw. Waldhöhen basierend auf SAR- und InSAR-Daten zu testen. Dazu zählte die Höhenbestimmung aus SAR-Einzelbildern und SAR-Bildpaaren, die eine radargrammetrische bzw. interferometrische Auswertung ermöglichen. Die Datengrundlage bildeten Aufnahmen der Satelliten TerraSAR-X und TanDEM-X. Die Aufnahmegeometrien der drei Verfahren zur Höhenbestimmung sind in Abbildung 20 schematisch dargestellt.

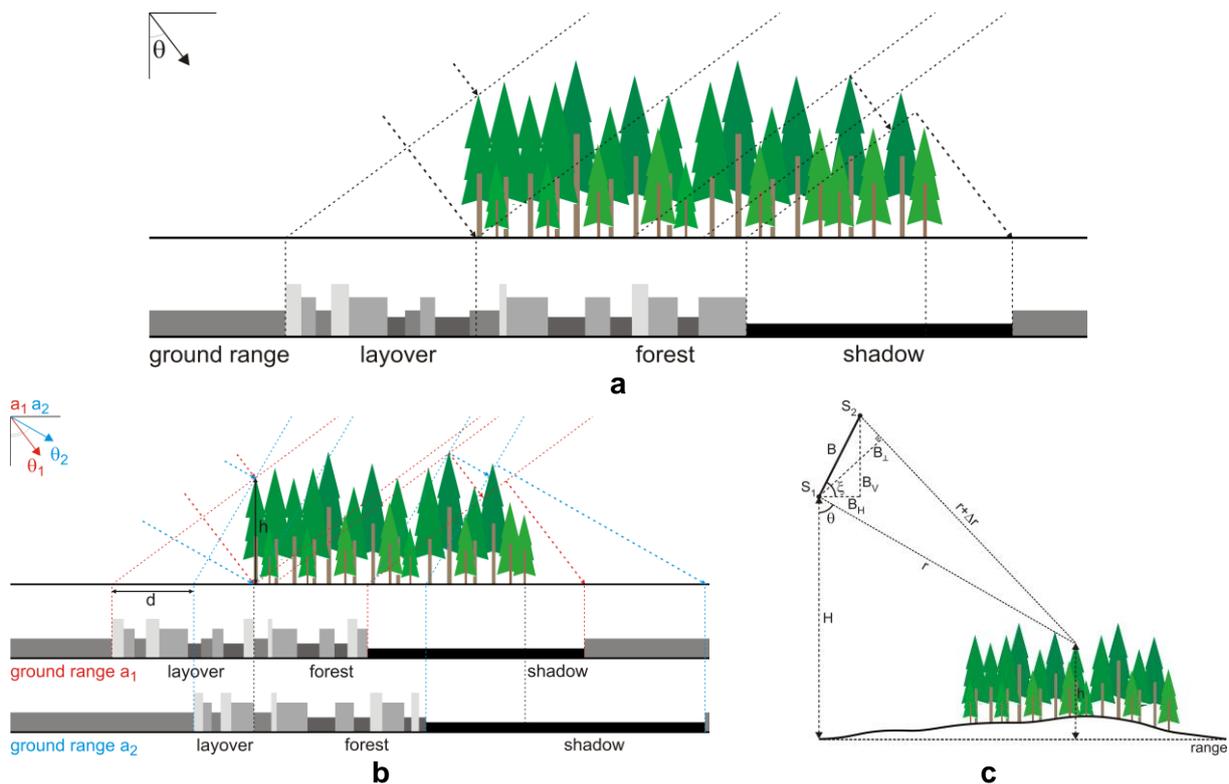


Abb. 22: Schematische Darstellung - der Waldamplitudensignatur in SAR-Bildern (a) und in radargrammetrischen SAR-Bildern (b), - der Aufnahmegeometrie von InSAR-Bildern (c)

Zusammenfassend lassen sich folgende allgemeine und methodenspezifische Aussagen ableiten. Für alle drei Methoden gilt, dass bei der Datenaufnahme jahreszeitliche Effekte zu berücksichtigen sind. Zu bevorzugen sind Daten, die bei vollständig ausgeprägtem Blätterdach erstellt wurden und somit den generellen Effekt der Unterschätzung minimieren.

Im Detail liefert die Methode zur Auswertung der Waldschattenlänge nur Höhenwerte am Rand des Waldes. Es sollten große Einfallswinkel angestrebt werden, da dadurch Messungenauigkeiten weniger ins Gewicht fallen. In den ausgewerteten Einzelbildern konnte eine Unterschätzung von bis zu 20 % beobachtet werden. Die radargrammetrische Auswertung von SAR-Bildpaaren liefert theoretisch flächendeckende Waldhöhenwerte. Da der Versatz der SAR-Signatur in einem Bildpaar zum Sensor hin ausgewertet wird, sollten kleine Einfallswinkel angestrebt werden. Die Anwendung der interferometrischen Methode setzt die Aufnahme von single-pass InSAR-Daten voraus. Empfohlen werden große Basislinien bzw. die Kombination mehrerer Aufnahmen unterschiedlicher Basislinien. In den ausgewerteten TanDEM-Daten wurden mittlere Differenzen von 2-3 m erzielt.

Helmholtz-CAS Joint Research Group (HCJRG): Space-borne Microwave Remote Sensing for Prevention and Forensic Analysis of Natural Hazards and Extreme Events

Förderung durch Helmholtz Gemeinschaft

Antje Thiele, Robin Falge, Stefan Hinz

Bei der Deutsch-Chinesischen-Forschergruppe handelt es sich um Kooperation, in der von deutscher Seite vom KIT das Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung (IPF, Prof. Hinz) und das Geodätische Institut (GIK, Prof. Heck), sowie vom GFZ die Sektion 1.5 Geoinformatik (Prof. Dransch) beteiligt sind. Auf chinesischer Seite nehmen von der Chinese Academy of Sciences das Institute of Electronics (Prof. Deng und Prof. Wang) sowie als externer Partner Dr. Balz vom State Key Laboratory of Information Engineering in Surveying,

Mapping and Remote Sensing der Universität Wuhan teil. Die Position des Gruppensprechers hat Prof. Stefan Hinz vom IPF übernommen.

Generelle Ziele dieses Projektes sind die Steigerung und die Weiterentwicklung von Ansätzen zur Verarbeitung von SAR und PS-InSAR-Daten, sowie die Verbesserung der Analyse von entsprechenden Zeitreihen um die Flexibilität der Einsetzbarkeit dieser Techniken für Monitoring und Mapping Anwendungen zu erhöhen.

Ein wesentlicher Bestandteil der Arbeiten wird die Integration von Visual Analytics Techniken in die bereits entwickelten Prozessketten einnehmen, um durch effiziente interaktive Möglichkeiten die allgemeine Leistungsfähigkeit des Systems zu verbessern. Vom Standpunkte der Fernerkundung, steht die inkohärente und kohärente Änderungserkennung von Oberflächenbewegungen anhand der SAR-Zeitreihenanalyse im Vordergrund. Aufgrund der Komplexität dieser Aufgabe, existieren bereits verschiedene Ansätze der Datenanalyse, die aber allesamt Einschränkungen aufweisen wie zum Beispiel Dateneigenschaften (z.B. Sensorwellenlänge) oder Deformationseigenschaften (z.B. Erdbeben oder Hangrutschungen). Statt diese Komplexität mit dem Anspruch der vollständigen automatisierten Auswertung zu begegnen, ist die Konzeption und die Umsetzung eines modularen Systems, welches innovative, adaptive und neuartige Techniken, das Ziel. Somit könnten für jedes Untersuchungsgebiet die passenden Datenspezifikation und anschließend die effektivste Prozessierungskette zusammenstellt werden. In diesem modularen System wird mit Hilfe der „Visual Analytics“ der Transfer der räumlich-zeitlichen Bewegungsmuster in anwendungsbezogenes Expertenwissen realisiert. Durch Rückkopplung soll eine Anpassung der SAR-Auswertestrategien erfolgen, um ggfs. signifikantere anwendungsspezifische Parameter zu liefern.

Das Gesamtkonzept der Forschergruppe ist in Abb. 23 dargestellt und beinhaltet die Arbeitsumgebung sowie die möglichen Produkte, die zum einen quantitative Bewegungs- und Änderungskarten und zum anderen durch Integration von zusätzlichen Daten, semantische Karten zur Gefahrenabschätzung beinhalten sollen.

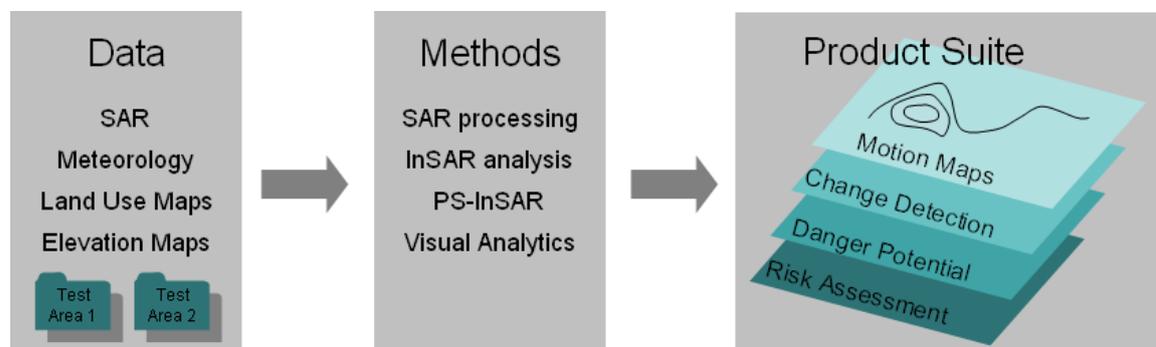


Abb. 23: Arbeitsumgebung und "Product Suite" der HCJRG

Im ersten Jahr wurde der Schwerpunkt auf den Vergleich verschiedener Softwarepakete zur Zeitreihenauswertung gelegt. Durch die Komplexität der Algorithmen gestaltete sich insbesondere die Auswahl von Vergleichskriterien als schwierig, weshalb im ersten Schritt die Bewertung der extrahierten Pixel zur Bestimmung der Oberflächenbewegung im Vordergrund stand. Betrachtet man diesbezüglich bereits veröffentlichten Arbeiten, wird immer die Quantität der extrahierten Punkte, doch nicht deren räumliche Verteilung ausgewertet. Da aber genau diese entscheidend ist für die Aussagekraft der später abgeleiteten Bewegungsmuster, sollten zuverlässige Merkmale aus PS-Punktwolken abgeleitet werden, um einen belastbaren Vergleich zu ermöglichen. Neben dem objektiven Vergleich von Auswertestrategien bietet diese Analyse der räumlichen Verteilung auch die Chance, Aussagen über die Oberflächenbeschaffenheit der Testszene (z.B. landwirtschaftlich oder städtisch geprägt) zu treffen. Da der Schritt der Auswahl von PS-Punkten einer der kritischsten in der InSAR-Zeitreihenauswertung ist und insbesondere nachfolgende Schritte beeinflusst, sollten hier optimale Ergebnisse erzeugt werden. Hierbei kann die Verteilungsanalyse auch helfen, PS-Wolken zu vergleichen, denen unterschiedliche Parametersettings zugrunde liegen.

Im Detail wurde eine Toolbox implementiert, mit der sich unterschiedliche Parameter zur Analyse der räumlichen Verteilung berechnen lassen. Hierfür wird in der Punktwolke eine Delaunay Triangulation durchgeführt und anschließend zum Beispiel die Anzahl, die Länge und die räumliche Position der gebildeten Dreieckskanten analysiert. Dies wurde an simulierten Punktwolken (siehe Abb. 24) sowie realen PS-Wolken erfolgreich getestet. Es konnte gezeigt werden, dass die Quantität kein aussagekräftiges Kriterium ist.

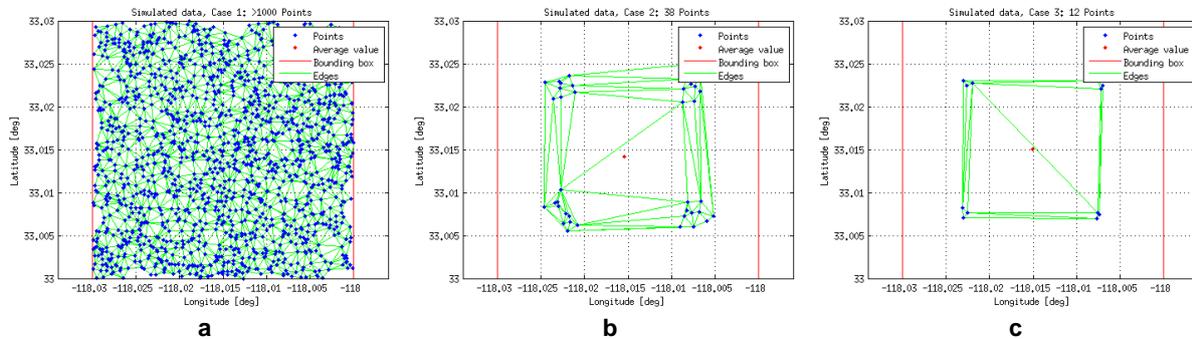


Abb. 24: Analyse von simulierten PS-Punktverteilungen in drei Testszenen: Ergebnis der Delaunay Triangulation für zufällig verteilte Punkte (a), für vier Cluster mit 38 Punkten (b) bzw. 12 Punkten (c)

Fusion von GNSS-und InSAR Daten zur Bestimmung des atmosphärischen Wasserdampfs

Dissertation Fadwa Alshawaf

Betreuer: Stefan Hinz (IPF), Bernhard Heck (GIK)

High spatially and temporally variable atmospheric water vapor causes an unknown delay in microwave signals transmitted by space-borne sensors. This delay is considered a major limitation in Interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR) applications as well as high-precision applications of the Global Navigation Satellite Systems (GNSS). On the other hand, this effect could be exploited to derive atmospheric parameters such as water vapor. Temporal variability of atmospheric water vapor is well estimated from continuous GNSS measurements, while InSAR is used to study the spatial variability of water vapor. This project aims at assimilating InSAR phase observations and spatially-sparse GNSS measurements for the determination of atmospheric water vapor.

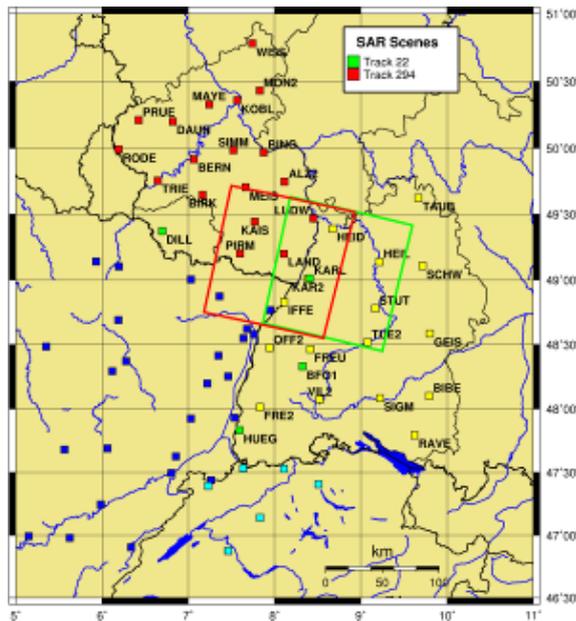


Abb. 25: GURN network including SAR footprints, shown by the green and red boxes

In this research the area of Upper Rhine Graben (URG) was selected where this region is well covered by the homogeneously distributed permanent sites of the GNSS Upper Rhine Network. URG area is located between Vosges mountains and the Palatine Forest on one side and the Black Forest on the other side which gives a good chance for atmospheric phenomena. Additionally, tectonic surface displacement rate in URG is very small which justifies the assumption that its contribution to the interferometric phase is minimal.

GNSS measurements are provided from the sites of GURN, which contains currently about 75 German, French, and Swiss permanently operating GNSS sites. Most of the German sites belong to SAPOS[®] (SATellite POSitioning Service of the German State Survey). InSAR interferograms are formed from SAR images, kindly delivered by European Space Agency (ESA). In this study, we could collect 34 ENVISAT scenes from descending tracks 22 and 294 with 100 km coverage (20 m resolution, 35 days repeat cycle). The scenes are acquired in a time period between 2003 and 2009. Fig. 1 shows the GRUN network and the footprints of the SAR images (shown by green and red boxes).

At the current stage of the work, 2D water vapor maps are derived from InSAR phase observations. Abb. 12 shows an example of InSAR phase image. Also, atmospheric water vapor is calculated at GNSS sites located within the SAR images. Both results are compared and later a proper fusion method will be investigated for assimilating both water vapor sets and achieving highly resolved water vapor maps. For improving the quality of water vapor calculated from GNSS and InSAR, it is required to use meteorological observations. These observations are acquired from numerical weather models and from weather stations located in the area of URG.

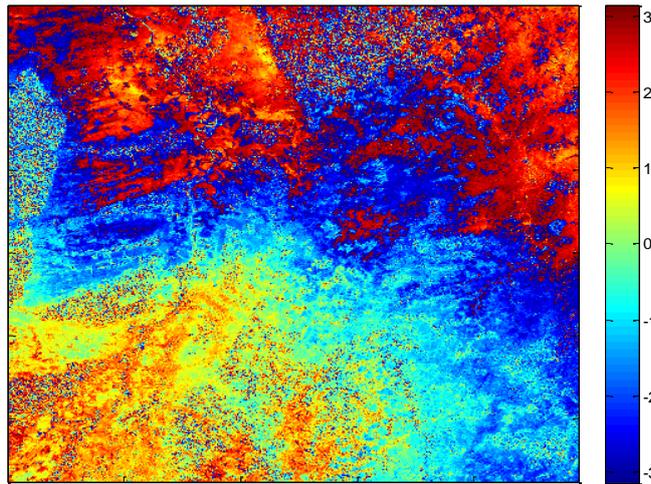


Abb. 26: InSAR wrapped phase in URG acquired 26-3-1996 and 27-3-1996, with topographic phase removed, $2\pi = 28$ mm delay.

3.3 Punktwolken-Analyse

Automatisierte Ableitung von Vorlandrauheiten für hydro-dynamische Modellierungen auf der Basis von flugzeuggestützten Fernerkundungsdaten

Förderung durch BMVBS (Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung) in Kooperation mit BfG (Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz), BAW (Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe) und KIT-IWG (Institut für Wasser und Gewässerentwicklung).

Jens Leitloff, Boris Jutzi

Zur hydrodynamisch-numerischen Modellierung von Fließgewässern werden u. a. Parameter benötigt, die den Fließwiderstand von Rauheiten charakterisieren. In der Natur gegebene geometrische Größen, wie z. B. Korndurchmesser, Baumabstände und -durchmesser, werden durch spezifische Parameter repräsentiert, die beispielsweise aus hydraulischen Laboruntersuchungen gewonnen werden. Eine zusätzliche Anpassung der Rauheitsparameter erfolgt dann üblicherweise im Zuge einer Kalibrierung, um die Strömungsverhältnisse in der Natur möglichst gut zu beschreiben. Dabei gilt, je genauer Rauheitsparameter und unterschiedliche Rauheitsbereiche erfasst werden, umso präziser lässt sich ihr Strömungswiderstand im Rahmen der Kalibrierung beschreiben, was sich unmittelbar auch auf die Genauigkeit der Strömungsmodellierung auswirkt.

Da Messdaten zur Vorlandvegetation meist nicht verfügbar sind, wurden bisher Rauheitszonen semi-manuell aus z. B. ATKIS-Daten oder CORINE-Daten festgelegt, für die dann Standardparameter angenommen werden müssen. Diese Vorgehensweise, als auch die Auflösung und Aktualität der Rauheitszonen, wird den heutigen Qualitätsanforderungen zur Strömungsmodellierung kaum mehr gerecht. Hier können mit dem Flugzeug erfasste hochaufgelöste Full-Waveform Laserscannerdaten (mit mindestens 4 Punkten pro m^2) und/oder mehrkanalige digitale Bilddaten (rot, grün, blau, infrarot; 8 cm Bodenauflösung) zur Ableitung von geometrischen Parametern für die Beschreibung von Vorlandvegetation beitragen. Projektziel ist die Entwicklung und Validierung zielorientierter Algorithmen zur Transformation der abgeleiteten Landbedeckung in unmittelbar für die hydrodynamisch-numerische Modellierung nutzbare

flächenhafte Vegetationsparameter (Klasse, Dichte, Höhe, Baumdurchmesser, -abstände, etc.) für ausgewählte Testgebiete einschließlich einer hydraulisch basierten Qualitätsbeurteilung.

Im Berichtszeitraum wurde spezielle auf die Merkmalsgenerierung für verschiedene Nachbarschaften (1m x 1m, 3m x 3m, 5m x 5m) fokussiert, da charakteristische Strukturen in Abhängigkeit von der Geometrie der gegebenen Rauheitsklassen zu erwarten sind. Ebene Strukturen, wie Wiesen oder Ackerland, können unter Umständen durch klein gewählte Nachbarschaften ausreichend beschrieben werden. In Wäldern kann es dagegen notwendig sein, größere Nachbarschaftsbereiche zu wählen, um die darin enthaltenen Baum- und Unterholzstrukturen zu erfassen. Die optimale Nachbarschaftsgröße ist abhängig von den gegebenen Rauheitsklassen.

Die Prozessierung wurde auf das gesamte Testgebiet 2 (48 km²) erweitert, d.h. dass alle zur Verfügung stehenden Full-Waveform Laserscannerdaten hierfür genutzt werden. Zur Klassifikation wird weiterhin eine Support Vector Machine verwendet. Das damit erreichte beste Klassifikationsergebnis ist in Abb. 27 qualitativ dargestellt.

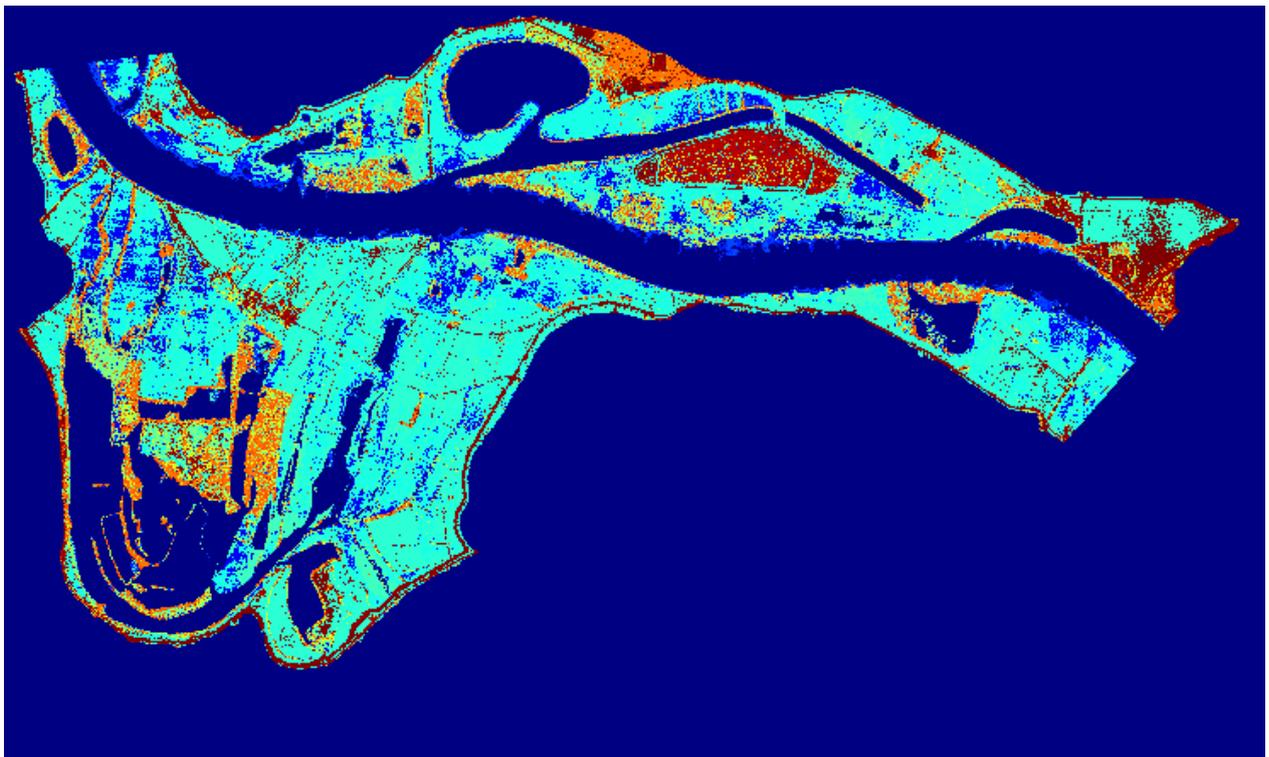


Abb. 27: Qualitative Darstellung des Klassifikationsergebnisses

Untersuchung von Vegetationsstrukturen auf Basis von Full-Waveform Laserscanning Daten

Rosmarie Blomley, Jens Leitloff, Boris Jutzi

Für eine präzise und automatisierte Strukturermassung ist die Full-Waveform Laserscanning Technologie ein wertvolles Instrument mit Anwendungen im Umweltschutz, Wassermanagement, Land- und Forstwirtschaft.

Die Laserscanning Technologie ermöglicht, die Geometrie einer beobachteten Szene direkt in eine 3D Punktwolke zu überführen. Um eine Szene zu analysieren, werden dann typischerweise Verfahren eingesetzt die, basierend auf markante Merkmalen, bestimmte Szenenbereiche klassifizieren. Wie können markante Merkmale generiert werden? Naheliegend ist es, Merkmale aus der Punktwolke zu gewinnen die insbesondere die geometrischen Eigenschaften der Szene parametrisieren. Hierzu werden normalerweise Parameter bestimmt die die Geometrie in einer 2D bzw. 3D Nachbarschaft berücksichtigen. Üblich ist beispielsweise die Verwendung von Eigenwerten der Kovarianzmatrix und daraus abgeleitete Eigenschaften, wie Linearität, Planarität, Sphärizität, Omnivarianz, Anisotropie, Eigenentropie und Krümmung. Die Berechnung von einzelnen Parameterwerten ist vorteilhaft für eine kompakte Beschreibung der Umgebung. Die kompakte Beschreibung geht jedoch auf Kosten des Detaillierungsgrades mit dem die Umgebung beschrieben wird.

Aus der Objekterkennung sind Verfahren bekannt die statt der einzelnen Parameterwerte eine repräsentative Verteilung der Umgebung bestimmen. Zu diesen zählen auch die Shape Distributions¹, bei denen es sich um Häufigkeitsauftragungen geometrischer Abstandsmaße zwischen zufällig gewählten Elementen einer Punktmenge handelt. Die aus der Literatur bekannten Shape Distributions wurden in unserer Arbeit für die Szenenanalyse erweitert, indem eine zusätzliche Optimierung hinsichtlich eines variablen zylinderförmigen Nachbarschaftsbereichs eingeführt wurde. Es zeigte sich, dass die Wahl eines spezifischen Radius' für jede einzelne Objektklassen bessere Klassifikationsergebnisse ermöglicht. Erste Ergebnisse die mit einer Support Vector Machine Klassifikation berechnet wurden sind in Abbildung 28 dargestellt. Zukünftig soll eine unabhängige Bewertung der Shape Distribution Merkmale, die Vergleichbarkeit mit anderen Verfahren und eine Anpassung der Merkmale im Kontext von Vegetationsklassifikation angestrebt werden.

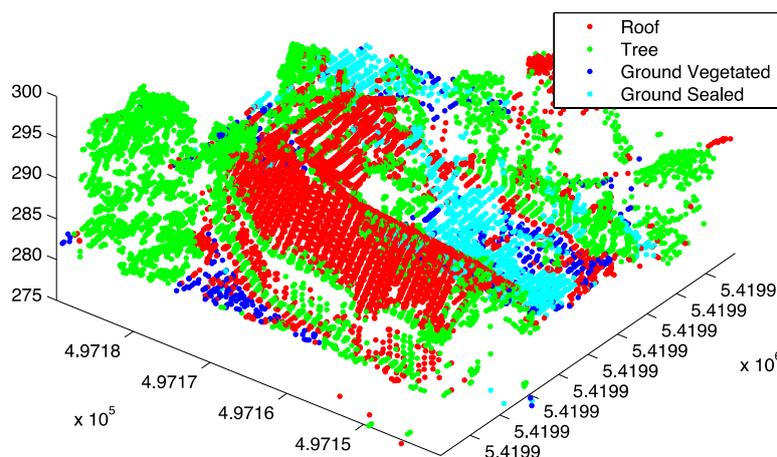


Abb. 28: Ausschnitt einer anhand von Shape Distribution Merkmalen klassifizierten Punktwolke

¹ R. Osada, T. Funkhouser, B. Chazelle & D. Dobkin (2002) Shape Distributions, ACM Transaction on Graphics, Vol. 21, Nr. 4, Seite 807-832

Merkmalsbasierte Registrierung von Punktwolken für eine bewegte Sensorplattform

Martin Weinmann, Boris Jutzi

Eine Möglichkeit zur Beschreibung von 3D-Szenen ist durch Punktwolken gegeben, wobei diese üblicherweise aus einer sehr großen Anzahl von gemessenen 3D-Punkten bestehen. Optional können den 3D-Punkten noch zusätzliche Attribute wie Intensität oder Farbe zugeordnet werden. Um eine möglichst gute Abdeckung der Szene zu erreichen, werden in der Regel mehrere 3D-Scans an verschiedenen Positionen aufgenommen und zusammengeführt oder bewegte Sensorplattformen eingesetzt. Im Gegensatz zu statischen Szenen, bei denen es ausreicht, die Szene mit einem terrestrischen Laserscanner zu erfassen und dabei die einzelnen Punkte des regulären Scanrasters sukzessiv zu durchlaufen, müssen bei bewegten Sensorplattformen pro Messzeitpunkt alle Messungen auf dem Scanraster gleichzeitig erfolgen. Moderne Entfernungskameras (z.B. Microsoft Kinect, MESA SR 4000 oder PMD[vision] CamCube 2.0) sind zu einer solchen flächenhaften Messung von Entfernungs- und Intensitätsinformationen mit hohen Update-Raten und daher auch zur Erfassung von dynamischen Szenen geeignet.

Zur Erfassung von dynamischen Szenen wurde ein operationelles System konzipiert. Hierbei wurde eine Sensorplattform mit zwei Entfernungskameras zur Datenerfassung, einem Notebook mit SSD-Festplatte zur effizienten Speicherung der erfassten Daten und einer 12 V Batterie zur Stromversorgung ausgestattet. Um eine fliegende Plattform zu simulieren, wurde die Sensorplattform zur Datenerfassung entlang eines Seiles über die Szene bewegt (Abb. 29).



Abb. 29: Sensorplattform (links) wird zur Datenerfassung entlang eines Seiles über die Szene (rechts) bewegt

Für jeden Messzeitpunkt werden von jeder Entfernungskamera flächenhaft und synchron Entfernungs- und Intensitätsinformationen aufgenommen. Die erfassten Punktwolken können durch die bekannte relative Orientierung der beiden Entfernungskameras in ein gemeinsames Koordinatensystem transformiert werden. Somit beziehen sie sich auf das lokale Koordinatensystem der Sensorplattform zum Aufnahmezeitpunkt. Infolgedessen muss zur Szenenrekonstruktion eine Registrierung der Punktwolken erfolgen, bei welcher die gesamte, für alle Aufnahmezeitpunkte erfasste 3D-Information in ein gemeinsames, globales Koordinatensystem transformiert wird. Diese Registrierung sollte idealerweise automatisch, schnell und mit hoher Genauigkeit erfolgen.

Um bei der Registrierung die Einschränkungen bezüglich des geringen Sichtfeldes und der im Vergleich zu Laserscannern geringeren Messgenauigkeit zu kompensieren, wurde ein modifiziertes Gewichtungsschema basierend auf der Zuverlässigkeit einzelner 3D-Messungen realisiert (Weinmann *et al.*, 2013). Durch das reguläre Scanraster lassen sich die aufgenommenen Entfernungs- und Intensitätsinformationen als Entfernungs- und Intensitätsbilder darstellen. In

den zu zwei Scans zugeordneten Intensitätsbildern können über die Scale Invariant Feature Transform (SIFT) zuverlässig korrespondierende Punkte (2D/2D-Korrespondenzen) detektiert werden. Mit Hilfe der entsprechenden Entfernungsinformationen können daraus wiederum Paare von physikalisch (fast) identischen 3D-Punkten (3D/3D-Korrespondenzen) abgeleitet werden, aus welchen die Transformationsparameter zwischen den entsprechenden Punktwolken geschätzt werden können. Dabei wird der Beitrag jeder 3D/3D-Korrespondenz anhand der Zuverlässigkeit der entsprechenden Entfernungsinformation sowie der Zuverlässigkeit der 2D/2D-Korrespondenz (welche die Ähnlichkeit lokaler Intensitätsinformation beschreibt) gewichtet. Abschließend kann eine Filterung bezüglich der Zuverlässigkeit der gemessenen Entfernungsinformation erfolgen, um unzuverlässige 3D-Messungen aus der Punktwolke zu entfernen (Abb. 30).

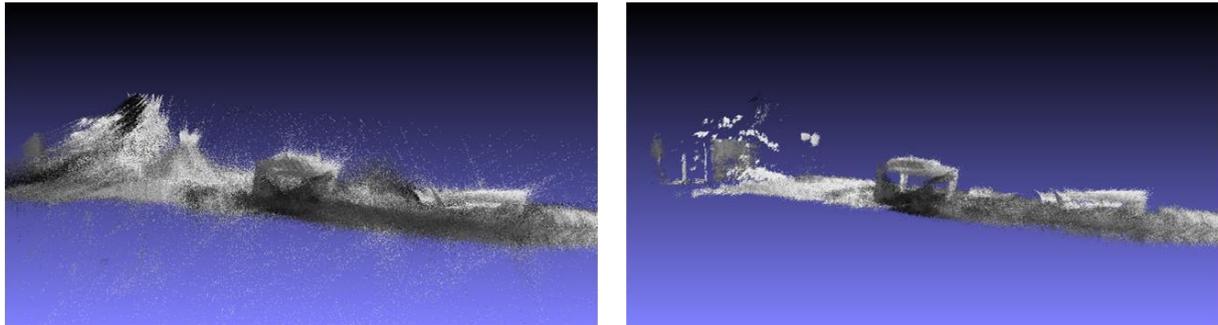


Abb. 30: Visualisierung der registrierten 3D-Punktwolken unter Verwendung der Rohdaten (links) und nach einer Filterung bezüglich der Zuverlässigkeit der entsprechenden gemessenen Entfernungsinformation (rechts)

Erkennung von relevanten Merkmalen zur semantischen Interpretation von 3D-Punktwolken

Martin Weinmann, Boris Jutzi

Die automatische Interpretation von 3D-Punktwolken ist für die Forschungsgebiete Photogrammetrie, Fernerkundung und Computer Vision von großer Bedeutung. Dabei besteht ein wesentliches Ziel darin, jedem 3D-Punkt ein semantisches Label zuzuordnen (z.B. *Boden*, *Gebäudefassade* oder *Vegetation*), was idealerweise unabhängig von der Struktur der 3D-Szene und des zur Datenerfassung verwendeten Sensors erfolgt.

Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, wurde ein Verfahren entwickelt, welches auf einer Menge von 21 verschiedenen 3D und 2D Merkmalen basiert. Prinzipiell werden alle verfügbaren Merkmale genutzt, um anhand von Trainingsdaten im Rahmen einer überwachten Klassifikation einen Klassifikator zu trainieren, welcher anschließend auf neue, ungesehene Daten verallgemeinern kann. Jedoch sind nicht alle Merkmale für diese Aufgabe gleichermaßen geeignet. Es ist vielmehr zu erwarten, dass einige Merkmale besonders relevant und andere dagegen sogar irrelevant sind. Anhand der Beschränkung auf die relevanten Merkmale kann die Klassifikationsgenauigkeit im Allgemeinen gesteigert werden und gleichzeitig werden sowohl die Rechenzeit als auch die Anforderungen bezüglich des Speicherbedarfs deutlich reduziert.

Infolgedessen wurde die Bewertung und Auswahl von relevanten Merkmalen über ein sogenanntes *Feature Relevance Assessment* realisiert, welches hier eine separate Komponente in der gesamten Datenverarbeitung darstellt und dadurch unabhängig von der Verwendung eines Klassifikators Aussagen bezüglich der Relevanz von einzelnen Merkmalen erlaubt. Die verwendete Relevanzmetrik basiert auf sieben verschiedenen Strategien zur Analyse der intrinsischen Eigenschaften der gegebenen Trainingsdaten und berücksichtigt verschiedene Aspekte in Form von Maßen bezüglich Abstand, Information, Abhängigkeit oder Konsistenz.

Die Betrachtung der Merkmale anhand der Relevanzmetrik, welche sich gemäß Definition für relevante Merkmale in einem deutlich geringeren Wert äußert als für irrelevante Merkmale, ermöglicht eine Einteilung in mehr oder weniger relevante Merkmale (Abb. 31).

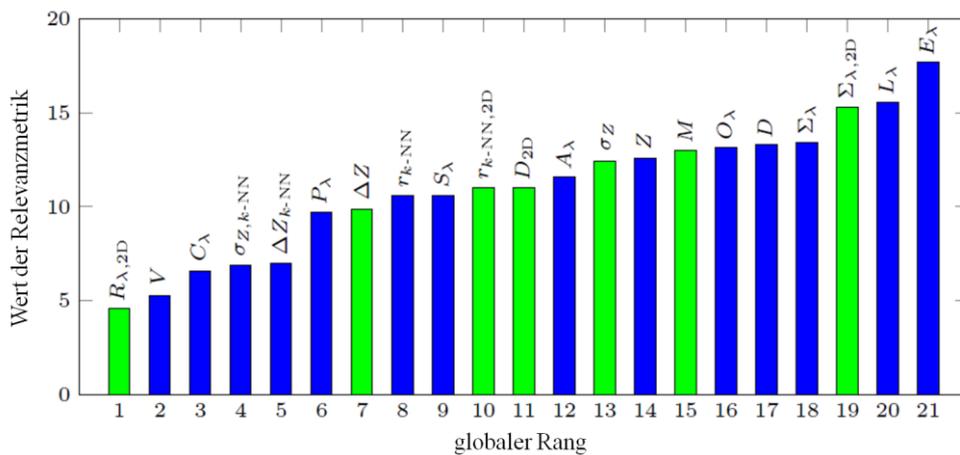


Abb. 31: Die verwendeten Merkmale sind entsprechend der Relevanzmetrik sortiert: ein geringer globaler Rang entspricht einem relevanten Merkmal, ein größerer globaler Rang entspricht einem weniger relevanten Merkmal. Zusätzlich sind Merkmale, die auf Betrachtungen in 3D basieren (blau) und Merkmale, die auf Betrachtungen in 2D basieren (grün), visuell unterschiedlich gekennzeichnet.

In den durchgeführten Untersuchungen wurden Standard-Klassifikatoren verwendet (kNN-Klassifikator, Naiver Bayes-Klassifikator, Support Vector Machine). Anhand der Klassifikationsergebnisse für einen Benchmark-Datensatzes mit fünf verschiedenen Klassen konnte gezeigt werden, dass die Berücksichtigung von lediglich wenigen relevanten Merkmalen im Vergleich zur Verwendung aller Merkmale die Klassifikationsgenauigkeit deutlich steigert (Weinmann *et al.*, 2013). Zusätzlich wurde anhand der relevanten Merkmale eine signifikante Steigerung der Klassifikationsgenauigkeit im Vergleich zu Untermengen von standardmäßig verwendeten Merkmalen erreicht. Eine visuelle Darstellung der Klassifikationsergebnisse unter Verwendung der fünf Merkmale mit der größten Relevanz in Kombination mit einer Support Vector Machine als Klassifikator ist in Abb. 32 gezeigt.

Die Untersuchungen wurden im Rahmen einer Kooperation mit dem Institut National de l'Information Géographique et Forestière (IGN), Saint-Mandé (Frankreich) durchgeführt.

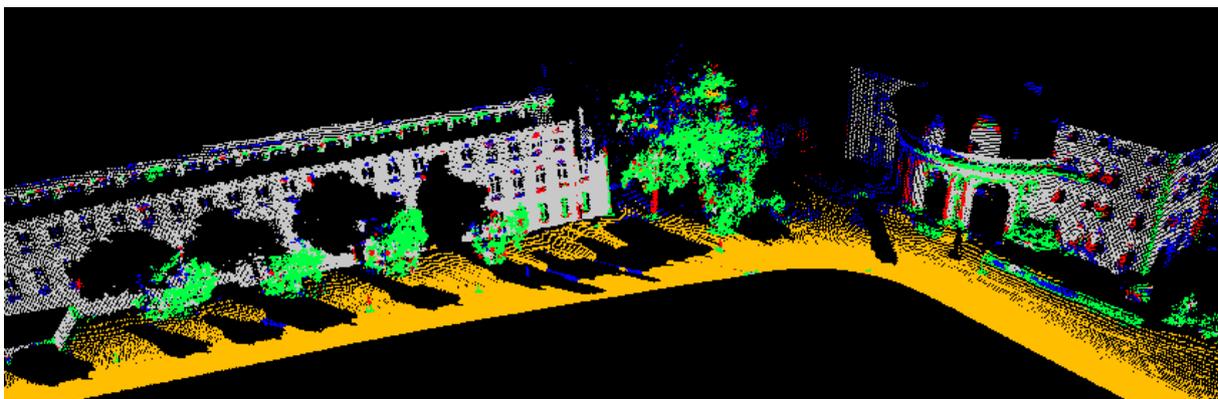


Abb. 32: Visuelle Darstellung der Klassifikationsergebnisse unter Verwendung der fünf Merkmale mit der größten Relevanz (Kabel: blau, Pfosten/Stamm: rot, Gebäudefassade: grau, Boden: braun, Vegetation: grün).

Bestimmung der relativen Orientierung zwischen 3D Punktwolken und thermischen Infrarotbildern

Martin Weinmann, Boris Jutzi

Die zur Erfassung von dynamischen Szenen konzipierte Sensorplattform, welche mit zwei Entfernungskameras ausgestattet ist, dient vor allem zur dreidimensionalen Erfassung der lokalen Umgebung. Neben dieser geometrischen Beobachtung der Umgebung kann für bestimmte Anwendungen eine zusätzliche radiometrische Beobachtung vorteilhaft sein. Hierfür ist eine Erweiterung der Sensorplattform mittels Sensoren wie RGB-Kameras oder Wärmebildkameras zweckmäßig. Diese bildgebenden Sensoren liefern in der Regel jedoch leicht unterschiedliche perspektivische Beobachtungen die nur dann sinnvoll verwendet werden können wenn eine eindeutige Zuordnung zwischen den Beobachtungen erfolgt. Dafür muss die relative Orientierung aller verwendeten Sensoren bestimmt werden.

Um die relative Orientierung der Wärmebildkamera zur Entfernungskamera zu berechnen müssen zunächst korrespondierende Bildinhalte einander zugeordnet werden. Um die Zuordnung zu ermöglichen wird eine Grobausrichtung (Initialisierung) zwischen Entfernungskamera und Wärmebildkamera durchgeführt, bei der die Abbildung weit entfernte Objekte möglichst deckungsgleich erscheint. Basierend auf markanten Punkten, die mithilfe des Förstner-Operators automatisch lokalisiert werden, wird im Intensitätsbild der Entfernungskamera unter Berücksichtigung der entsprechenden Entfernungswerte und der gemessenen Basis zwischen den Kameras die zu erwartende Position im Intensitätsbild der Wärmebildkamera geschätzt, um den Suchraum bei der Korrespondenzsuche einzuschränken. Ausgehend von dieser geschätzten Position wird im Intensitätsbild der Wärmebildkamera der entsprechende markante Punkt mit dem minimalen Abstand ausgewählt und eine geeignete Zuordnung in Form von homologen Punkten hergestellt. Unter Verwendung der homologen 2D-Punkten und deren 3D-Koordinaten wird über eine Ausgleichung die relative Orientierung der Wärmebildkamera zur Entfernungskamera mittels räumlichem Rückwärtsschnitt bestimmt (Hoegner *et al.*, 2013). Die geschätzte Beziehung zwischen Bildern einer Wärmebildkamera und den Intensitätsbildern einer Entfernungskamera kann beispielsweise zur Erzeugung von infrarot-texturierten 3D-Modellen verwendet werden (Abb. 33).

Die Untersuchungen wurden im Rahmen einer Kooperation mit der Technischen Universität München (TUM), Prof. Dr. Uwe Stilla, durchgeführt.

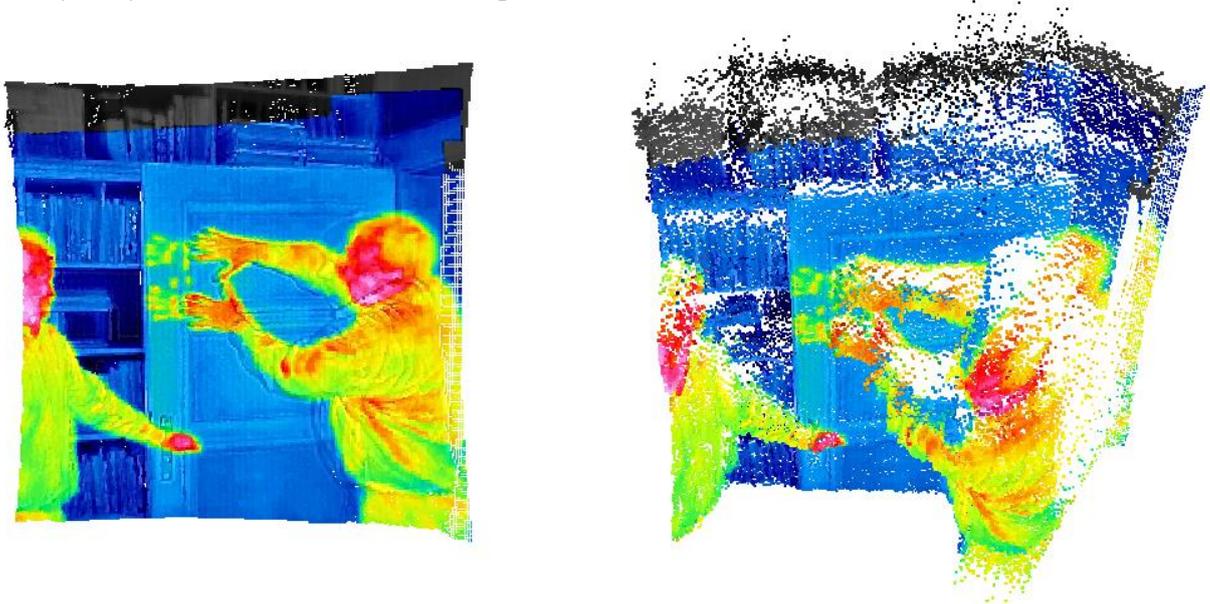


Abb. 33: Zwei Ansichten einer infrarot-texturierten 3D-Punktwolke.

Einsatz eines Laserscanners zur Phänotypisierung

Ana Đuričić, Boris Jutzi

Im Rahmen eines Kooperationsvorhabens zwischen IPF und Julius Kühn-Institut (JKI), Institut für Rebenzüchtung in Siebeldingen wurde in einer Vorstudie die Eignung eines leichten portablen Laserscanners zur Phänotypisierung, d.h. quantitative Analyse pflanzlicher Strukturen und Funktionen, im Weinberg untersucht. Erste Ergebnisse der Untersuchungen zeigen, dass eine Objekterkennung hinsichtlich Detektion und Zählung von Beeren (Abb. 34) an der Weinrebe eingeschränkt möglich ist.

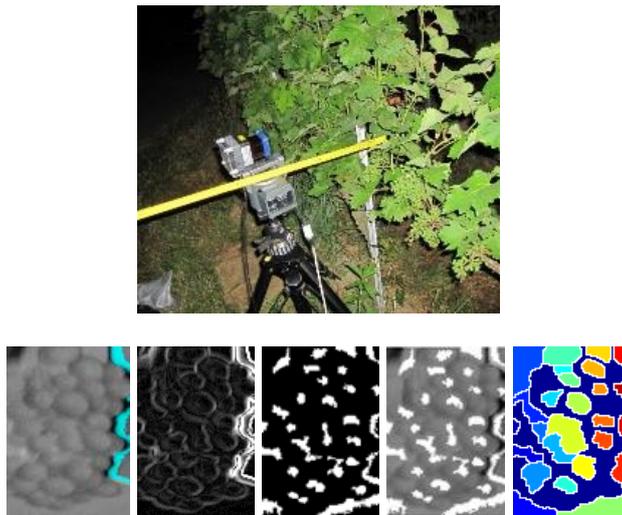


Abb. 34: Messaufbau im Weinberg (oben) und Segmentationsergebnis (unten).

3.4 Geoinformatik

Modellierung und Verwaltung der Topologie für Gebäudeinformationsmodelle unter besonderer Berücksichtigung von Planungsalternativen und Versionen

**in Zusammenarbeit mit dem Geodätischen Institut Karlsruhe (Prof. Dr. Martin Breunig)
gefördert durch die DFG
Dr. Patrick Bradley**

Um den räumlichen Aufbau konstruierter Objekte konsistent zu modellieren, müssen alle Gebäudemodelle in irgendeiner Form topologische Eigenschaften berücksichtigen. Beim Einsatz von Detailbibliotheken und bei der Diskussion von Planungsalternativen und Versionen kann die Topologie auf verschiedenen Detaillierungsebenen in Form von Nachbarschaften und Zusammenhangskomponenten eine zentrale Rolle spielen. Im beantragten Projekt soll untersucht werden, ob und wie sich durch konsequent topologisches Modellieren die Verwaltung verschiedener Detailebenen, Planungsalternativen und deren Versionen sowohl in der geographischen Planung als auch in der Gebäudeplanung vereinfachen lässt. In der ersten Projektphase wurden hierzu Konzepte und Methoden entwickelt, die nun in der zweiten Phase in die Entwicklung von Algorithmen sowie deren Implementierung und deren Evaluierung münden soll. Übergeordnetes Projektziel in der zweiten Phase ist die Entwicklung

eines skalierbaren, dimensions- und domänenunabhängigen räumlichen Datenbankmanagementsystems, welches zur Integration räumlicher Daten aus unterschiedlichen Quellen eingesetzt werden kann. Es wird erwartet, dass dies die räumliche Datenmodellierung vereinfacht und die Integration von CAD- und GIS-Daten verbessert, was anhand eines Ausschnitts eines realen Gebäudemodells evaluiert werden soll.

Projekt Crowdsourcing - Soziale Medien zur schnellen Schadensschätzung

Christian Lucas, André Dittrich

Im Rahmen des CEDIM Projektes *Crowdsourcing - Soziale Medien zur schnellen Schadensschätzung* werden Verfahren entwickelt, um im Katastrophenfall relevante und aktuelle Information der Schadenslage vor Ort für weitere Analyse und Entscheidungen bereitzustellen. Ausgehend von Twitter Meldungen werden dabei Naturereignisse wie Sturm, Hochwasser, Erdbeben, Vulkanausbrüche oder Tsunamis betrachtet. Die besondere Herausforderung im Umgang mit „Social Media“ wie Twitter als Informationsquelle ergibt sich aus der immensen Menge an Information, welche hinsichtlich der Relevanz zu filtern ist. Im Berichtszeitraum wurde der *Twitter Event Notification and Analysis Service* (TENAS) als Prototyp entwickelt, der basierend auf statistischen Maßen relevante Schadensereignisse detektiert. Potentielle Ereignisse werden sowohl räumlich, zeitlich als auch thematisch klassifiziert und hinsichtlich Ihrer Detektionssicherheit bewertet. Im Fall einer positiven Detektion wird durch TENAS eine Alarmemail generiert und an die entsprechenden CEDIM-Experten versandt. Dabei wird neben der Ereignisart ebenfalls über die räumliche Lage, die Detektionssicherheit wie auch die am häufigsten genutzten Terme informiert. Die CEDIM-Experten können auf diese Weise zeitnah ihre jeweiligen Modelle für die betroffenen Gebiete konfigurieren. Ferner wird automatisiert das Ereignis im CEDIM Tweetexplorer, welcher vom Projektpartner am GFZ entwickelt wurde, erstellt. Im Berichtszeitraum konnte durch das TENAS-System verschiedenste Ereignisse wie beispielsweise das Erdbeben auf den Philippinen detektiert werden. Die Detektion erfolgte mit einer Sicherheit von 0.946 in nur 2 Minuten 36 Sekunden. Die offizielle Information durch den U.S. Geological Survey erfolgte erst nach über 7 Minuten.

Neben der Entwicklungstätigkeit werden ebenfalls aktuelle Schadensereignisse im Rahmen des CEDIM-Projektes forensisch analysiert. Alle relevanten Informationen werden zusammengetragen und in technischen Berichten publiziert. So wurden beispielsweise Berichte über den Super Cyclon Phalin, das Erdbeben auf den Philippinen oder das Juni-Hochwasser in Deutschland verfasst. Dabei werden ausgehend von den aktiven Nutzern beispielsweise Dichteanalysen durchgeführt um auf die betroffene Bevölkerung oder das Schadensausmaß schließen zu können. Abbildung 35 stellt eine solche Dichteanalyse am Falle des Sturmes Xaver vom 06. Dezember 2013 dar.

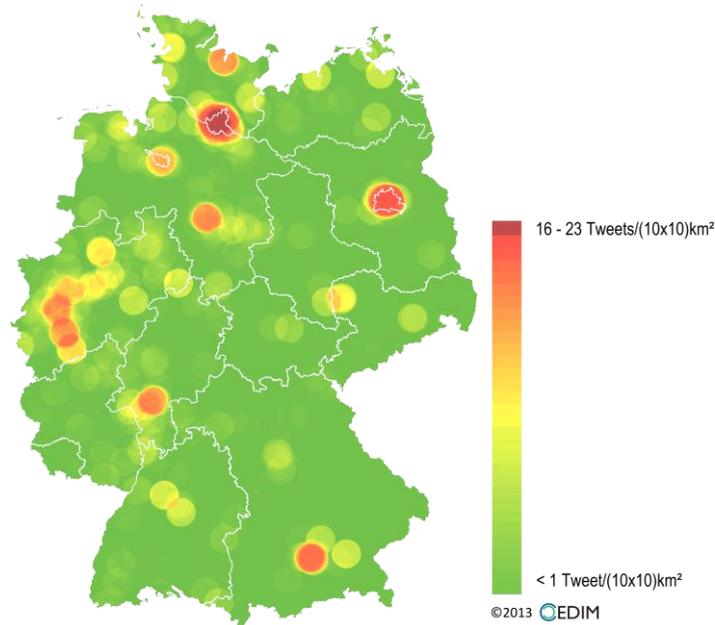


Abbildung 35: Dichteanalyse der Relevanten Tweets während des Wintersturms Xaver am 06.12.2013

3.5 Projekte in Lehre und Ausbildung

Graduate School for Climate and Environment (GRACE)

Graduate School for Climate and Environment (GRACE)

Die von der HGF finanzierte Graduiertenschule für Klima und Umwelt GRACE ist am gleichnamigen KIT Zentrum angesiedelt und befindet sich aktuell im dritten Förderjahr. Im Berichtsjahr wurden 15 neue Doktoranden/innen im GRACE-Programm aufgenommen. Damit entspricht die Anzahl der GRACE-Doktoranden/innen zum Ende des Berichtszeitraums der Zielgröße von 87 Teilnehmern. Nachfolgend sind die GRACE-Doktoranden/innen prozentual hinsichtlich verschiedener Rahmenaspekte aufgeschlüsselt:

- Anteil ausländischer GRACE-Doktoranden/innen – 17 %
- Anteil weiblicher GRACE-Doktoranden – 44 %
- Anteil der jeweiligen Fachrichtungen
- Naturwissenschaften (Physik, Geographie, Geologie, Chemie, Geoökologie, Mathematik, Meteorologie,...) – 56 %
- Ingenieurwissenschaften (Geodäsie, Geoinformatik, Bau, Chemie, Elektro-technik, Informationstechnologie, Regionalplanung, Hydrologie) – 38 %
- Geistes- und Sozialwissenschaften (Lehramt, Soziologie,...) – 6 %

Ferner bezogen 12 GRACE Doktoranden/innen Stipendien (davon 11 weiblich, 4 international). Im Berichtsjahr konnten ebenfalls acht erfolgreiche Absolventen/innen der Graduiertenschule GRACE verzeichnet werden. Von diesen acht Absolventen starteten fünf einen Postdoc am KIT, zwei weitere wechselten in die staatliche Großforschung (Meteo France und

DWD Offenbach) und ein Absolvent wechselte in die Wirtschaft (Shell-Groningen, Niederlande).

Im Rahmen des GRACE-Programms gibt es die Möglichkeit, spezifische Module durch die Doktoranden zu initiieren. Diese werden von der Geschäftsstelle als „Technical Short Course“ organisiert. Das große Interesse an dieser Veranstaltungsreihe zeigte sich im Berichtsjahr an der regen Teilnahme an den Veranstaltungen:

- Climate Change impact on Water Resources: an overview, Prof. Dr. Abu Qdais, Centre for Environmental Sciences and Technology, at Jordan University of Science and Technology
- High arsenic groundwater in the world: Mobilization and Remediation, Prof. Huaming Guo, Water Resources & Environment, China University of Geosciences
- Python - The Multitool of Programming, Thomas Pfaff, Universität Stuttgart
- Processing and Modeling of GNSS Data for High-Precision Applications, Prof. Rothacher, Institut für Geodäsie und Photogrammetrie. ETH Zürich
- Remote Sensing of the Land Surface with an emphasis on Spatial Data Analysis, Dr. Martin Wegmann & Dr. Hooman Latifi

Ferner fand das GRACE-Grundlagenmodul „Basics of Environmental Science“ auf Wunsch der GRACE-Doktoranden als Summer School statt. Dieses Modul umfasst die sieben Topikthemen des KIT-Zentrum Klima und Umwelt und gewährt den Teilnehmern somit einen weitreichenden Ein- und Überblick über die diversen Themen der Klima- und Umweltforschung.

Hector-Seminar:

Im Rahmen des Hector-Seminars (www.hector-seminar.de) bearbeitet eine Gruppe von 3 Schülern ein Projekt aus dem Bereich der Geoinformatik. Das Hector-Seminar ist ein Seminar zur Förderung von begabten Schülerinnen und Schülern im Bereich Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik (MINT).

Im Rahmen des Projektes werden Methoden zur 3D-Modellierung, Visualisierung, Bildverarbeitung und Präsentation von Objekten am Beispiel der Heimatschule der Gruppe (Otto-Hahn-Gymnasium Karlsruhe) erprobt. Ziel ist, die ersten Schritte zu einem 3D-Informationssystem auf der Basis der Google-Earth-Methodik zu tun.

Hochschulpakt 2020, „Lehre hoch Forschung“: Disziplinübergreifendes Modul "Natural GeoLab - Applied Remote Sensing "

Sven Wursthorn, Uwe Weidner

Die flugzeug- und satellitengestützte Fernerkundung hat sich innerhalb der vergangenen Jahre von einer Spezial- zu einer Querschnittsdisziplin weiterentwickelt.

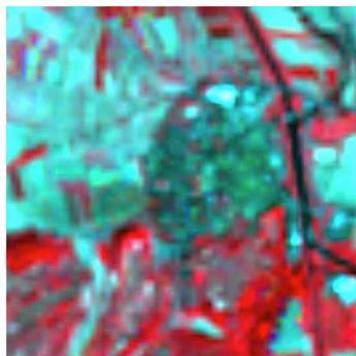
Der Bedarf an fernerkundungsbezogenen Lehrveranstaltungen erstreckt sich nicht mehr nur wie früher über die Fachbereiche der Geodäsie/Geoinformatik, Geoökologie, Geographie und Meteorologie sondern wird in starkem Maßen von anderen Disziplinen wie bspw. der Risikoforschung, Wirtschaftsingenieurwissenschaft oder Hydraulik und Hydro(geo)logie nachgefragt.

Die vorgeschlagene Maßnahme soll einerseits diesem Bedarf Rechnung tragen, andererseits das durch den neuen Querschnittscharakter erzeugte Potential zur Kompetenzvernetzung besser als bisher ausschöpfen.

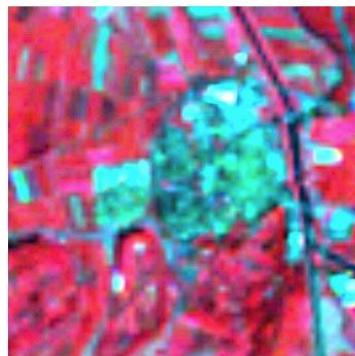
Studierende verschiedener Disziplinen und Kurse, in denen die Fernerkundung bereits im

Grundstudium verankert ist, sollen in Gruppen an einer transdisziplinären Problemstellung wie z.B. der Konzeption, Durchführung, Überwachung sowie Risiko- und „Impact“-Abschätzung von landschaftsökologischen und flurneuordnungsbedingten Verfahren arbeiten und damit die Möglichkeiten und Grenzen der angewandten

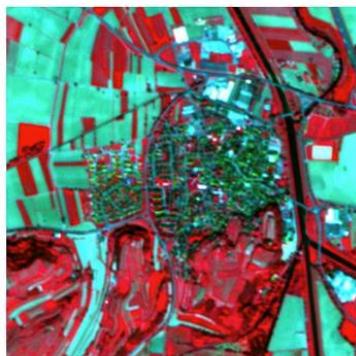
Fernerkundung als Querschnittsdisziplin problem- und projektorientiert erlernen können. Dadurch, dass die Fernerkundung sowohl im Universitäts- wie auch im Großforschungsbereich des KIT institutionell verankert ist, sind die strukturellen Voraussetzungen bereits gegeben, dass die Studierenden sowohl die grundlagenorientierten wie auch die großforschungsrelevanten Aspekte der Fernerkundung in solch einem Projekt kennen lernen können.



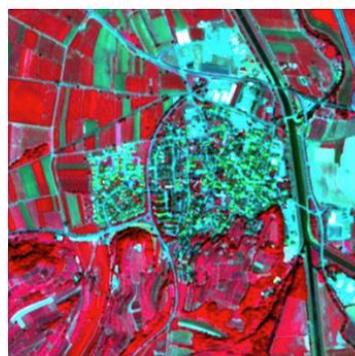
Landsat 05/2000



Landsat 09/2000



RapidEye 04/2010



RapidEye 07/2010

Anwendungsbeispiel: Änderungserkennung

4 Dissertationen, Diplom- und Studien-, Bachelor- und Masterarbeiten

4.1 Dissertationen

Hauptreferate (Prof. Hinz):

Frau Dipl.-Ing. Daniela Richter: 12.09.2013: How People Describe their Place: Approaches to Interpreting and Formalizing Place Descriptions

Herr Dipl.-Geoökol. Andreas Ch. Braun: 18.07.2013: Eine fernerkundungsgestützte geoökologische Prozessanalyse zum Risikozusammenhang zwischen Landnutzung und Biodiversität an einem Beispiel aus Chile

Frau Fadwa Alshawaf, M.Sc.: 19.11.2013: Constructing Water Vapor Maps by the Fusion of InSAR, GNSS and WRF Data

Ko-Referate (Prof. Hinz):

Frau Dipl.-Ing. Antje Thiele, 18.1.2013: 3D Building Reconstruction From High Resolution Multi-Aspect Interferometric Synthetic Aperture RADAR Data

Herr Dipl.-Inf. Henning Lategahn, 16.8.2013: Mapping and Localization in Urban Environments Using Cameras

4.2 Diplomarbeiten

Jan Püschel 21.06.2013: Bildbasierte Bewegungsbestimmung von unbemannten Luftfahrzeugen mittels visueller Odometrie und Bündelblockausgleichung

Dorothee Angel 31.10.2013: Automatische Erfassung von Vegetationseinheiten in Flussauen am Niederrhein mit Full-Waveform Laserscanning Daten

4.3 Studienarbeiten

Jan Püschel 09.01.2013: Vergleich eines 3D-Modells zwischen Bundler und Breuckmann

4.4 Bachelor- und Masterarbeiten

Peckyte, Irma 10.05.2013: Untersuchungen zur geeigneten Erfassung und Verebnung zylindrischer Körper aus industrieller Produktion

5 Veröffentlichungen und Vorträge

Artikel, Konferenzbeiträge (inkl. Präsentation) und eingeladene Vorträge

Alshawaf, F. (2013): *Constructing water vapor maps by fusing InSAR, GNSS, and WRF data*. Ph.D. Dissertation, Karlsruhe Institute of Technology, Karlsruhe, Germany, 2013

Alshawaf, F., Fuhrmann, T., Heck, B., Hinz, S., Knöpfler, K., Luo, X., Mayer, M., Schenk, A., Thiele, A., Westerhaus, M. (2013): *Integration of InSAR and GNSS Observations for the Determination of Atmospheric Water Vapour*. In: Krisp JM, Meng L, Pail R, Stilla U (Eds.), Earth Observation of Global Changes (EOGC), Lecture Notes in Geoinformation and Cartography, pp. 147-162, Springer-Verlag Berlin Heidelberg

Mühr, B., Köbele, D., Bessel, T., Fohringer, J., Lucas, C., Girard, T.: Super Cyclonic Storm 02B "Phailin", CEDIM FDA Group Report, 24 Oct. 2013, 16 p.

Boldt, M., Schulz, K., Thiele, A., Hinz, S. (2013): Using Morphological Differential Attribute Profiles for Change Categorization in High Resolution SAR Images. In: International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, ISPRS Hannover Workshop, Vol. XL-1/W1, pp. 29-34, doi: 10.5194/isprsarchives-XL-1-W1-29-2013.

Boldt, M., Thiele, A., Schulz, K. (2013): Generalized interpretation scheme for arbitrary HR InSAR image pairs. In: Proceedings of SPIE, Earth Resources and Environmental Remote Sensing/GIS Applications IV, doi: 10.1117/12.2028711, Vol. 8893, pp. 889305-1 – 889305-11.

Daniell J.-E., Vervaeck A., Brink S., Wenzel F., Fohringer J., Eggert S., Dittrich A., Lucas C., Girard T., Khazai B., Mühr, B., Power C., Trieselmann W., Nierop P., Jaramillo, J., Docoy-Boucher, M., Robles, C., Skapski, J., Schumann, L.-J.(2013): Philippines (Bohol) Earthquake, CEDIM FDA Group Report, 02. Nov. 2013.

Daniell, J., Mühr, B., Girard, T., Dittrich, A., Fohringer, J., Lucas, C., Kunz-Plapp, T (2013): Super Typhoon Haiyan/Yolanda, CEDIM FDA Group Report, 13 Nov. 2013, 25 p.

Dittrich, A., & Lucas, C. (2013). A step towards real-time analysis of major disaster events based on tweets. In T. Comes, F. Fiedrich, S. Fortier, J. Geldermann, & T. Muller (Eds.). Proceedings of the 10th International ISCRAM Conference, Baden-Baden.

Dransch, D., Poser, K., Fohringer, J., Lucas, C. (2013): Volunteered Geographic Information for Disaster Management. In C. Silva (Ed.), Citizen E-Participation in Urban Governance: Crowdsourcing and Collaborative Creativity

Dubois, C., Thiele, A., Hinz, S. (2013): *Pixel-Based Approach for Building Heights Determination by SAR Radargrammetry.* Proc. 'CMRT13- City Models, Road and Traffic Workshop 2013', Antalya, Turkey, 12 – 13 November 2013, ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume II-3/W3, pp.19-24.

Dubois, C., Thiele, A., Hinz, S. (2013): *Towards Change Detection in Urban Area by SAR Interferometry and Radargrammetry.* Proc. 'ISPRS Hannover Workshop 2013', Hannover, Germany, 21 – 24 May 2013, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL-1/W1, pp. 99-104.

Dubois, C., Thiele, A., Hinz, S. (2013): Pixel-Based Approach For Building Heights Determination By SAR Radargrammetry. In: ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, CMRT13 - City Models, Roads and Traffic 2013, Volume II-3/W3, pp. 19-24.

Dubois, C., Thiele, A., Hinz, S. (2013): Towards Change Detection in Urban Area by SAR Interferometry and Radargrammetry. In: International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, ISPRS Hannover Workshop, Vol. XL-1/W1, pp. 99-104, doi:10.5194/isprsarchives-XL-1-W1-99-2013.

Đuričić, A., Jutzi, B.: (2013) Supporting UAVs in low visibility conditions by multiple-pulse laser scanning devices. In: Heipke C, Jacobsen K, Rottensteiner F, Sörgel U (Eds) High-resolution earth imaging for geospatial information. International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences XL-1/W1: 93-98

Hoegner, L., Weinmann, M., Jutzi, B., Hinz, S., Stilla, U.: (2013) Co-registration of Time-of-Flight (TOF) camera generated 3d point clouds and thermal infrared images (IR). In: Seyfert E (Ed) 33. Wissenschaftlich-Technische Jahrestagung der DGPF, 2013 (22): 481-488

Hoegner, L., Weinmann, M., Jutzi, B., Hinz, S., Stilla, U.: (2013) Synchrone Koregistrierung von 3d Punktwolken und thermischen Infrarotbildern. In: Luhmann T (Hrsg) Optische 3D-Messtechnik - Photogrammetrie - Laser-Scanning. Beiträge der 12. Oldenburger 3D-Tage 2013. Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg.

Jutzi, B., Toth, C. (2013) Bericht: 16th Brazilian Remote Sensing Symposium (XVI SBSR), 13.-18. April 2013 in Foz do Iguaçu, Brazil. PFG Photogrammetrie – Fernerkundung - Geoinformation. Stuttgart: Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. 2013 (5): 537-538

Jutzi, B., Toth, C. (2013) Event Report: XVI Brazilian Remote Sensing Symposium (XVI SBSR). ISPRS e-Bulletin, Issue No 3 – 2013

Jutzi, B., Weinmann, M., Meidow, J. (2013): Improved UAV-borne 3D mapping by fusing optical and laserscanner data. UAV-g 2013. International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences XL-1/W2, 2013: 223-228.

Khazai, B., Bessel, T., Möhrle, S., Dittrich, A., Schröter, K., Mühr, B., Elmer, F., Kunz-Plapp, T., Trieselmann, W., Kunz, N. (2013): June Flood 2013 Flood in Central Europe – Focus Germany, CEDIM FDA Group Report, 20 June 2013.

Kosov, S., Rottensteiner, F., Heipke, C., Leitloff, J., Hinz, S. (2013): The application of a car confidence feature for the classification of cross-roads using conditional random fields. In: ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences II-3/W3, pp. 43-48, 2013

Kunz, M., Mühr, B., Kunz-Plapp, T., Daniell, J. E., Khazai, B., Wenzel, F., Vannieuwenhuysse, M., Comes, T., Elmer, F., Schröter, K., Fohringer, J., Münzberg, T., Lucas, C., Zschau, J. (2013): Investigation of superstorm Sandy 2012 in a multidisciplinary approach. Natural Hazards and Earth System Sciences, 13, pp. 2579-2598.

Kunz, M., Mühr, B., Schröter, K., Kunz-Plapp, T., Daniell, J., Khazai, B., Wenzel, F., Vannieuwenhuysse, M., Gomes, T., Münzberg, T., Elmer, F., Fohringer, J., Lucas, C., Trieselmann, W., Zschau, J. (2013): Near Real-Time Forensic Disaster Analysis: experiences from hurricane Sandy. General Assembly European Geosciences Union (Vienna, Austria 2013).

Schuffert, S. (2013): An automatic data driven approach to derive photovoltaic-suitable roof surfaces from ALS data. Joint Urban Remote Sensing Event (JURSE), Sao Paulo, Brasilien.

Schuffert, S. (2013): Automatische datengetriebene Extraktion photovoltaikgeeigneter Dachflächen aus 3D Oberflächendaten. 50. AgA-Tagung (Arbeitsgruppe Automation in Kartographie, Photogrammetrie und GIS), Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG), Frankfurt am Main.

Stilla, U., Rottensteiner, F., Hinz, S. (Eds) (2013): CMRT13. Proceedings of the ISPRS Workshop 'Object Extraction for 3D City Models, Road Databases, and Traffic Monitoring – Concepts, Algorithms, and Evaluation'. ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences Vol. II-3/W3, Antalya, Turkey, 12-13 November 2013

Sun, X., Thiele, A., Hinz, S., Fu, K. (2013): Automatic Detection and Recognition of Man-Made Objects in High Resolution Remote Sensing Images Using Hierarchical Semantic Graph Model. In: International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, ISPRS Hannover Workshop, Vol. XL-1/W1, pp. 333-338, doi:10.5194/isprsarchives-XL-1-W1-333-2013.

Thiele, A. (2013): 3D Building Reconstruction From High Resolution Multi-Aspect Interferometric Synthetic Aperture RADAR Data. In: Deutsche Geodätische Kommission Reihe C, Nr. 708 (ebenfalls in: Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik der Leibniz Universität Hannover, ISSN 0174-1454, Nr. 306), Dissertation, ISBN 978-3-7696-5120-1, 163 S.

Thiele, A., Wurth, M. M., Even, M., Hinz, S. (2013): Extraction of Building Shape From TanDEM-X Data. In: International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, ISPRS Hannover Workshop, Vol. XL-1/W1, pp. 345-350, doi: 10.5194/isprsarchives-XL-1-W1-345-2013.

Urban, S., Leitloff, J., Wursthorn, S., Hinz, S. (2013): Self-localization of a multi-fisheye Camera based augmented reality system in textureless 3D building models. ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., II-3/W2, 43-48. doi:10.5194/isprsannals-II-3-W2-43-2013, 2013.

Vögtle, T. (27.08.2013): „Development of an approach for automatic generation of Digital Surface Models derived from aerial images“, Project-Meeting EAGLE im Rahmen des FP7-Programms der EU, Sofia.

Vögtle, T. (20.11.2013): “Eintauchen in die 3D-Welt”, Uni-Einsteiger-Tag am KIT.

Weidner, U.: Hyperspektrale Fernerkundung, Institut für Navigation, Universität Stuttgart, Masterstudiengang, 20.11.2013

Weinmann, M.: (2013) Visual features - From early concepts to modern computer vision. In: Farinella GM, Battiato S, Cipolla R (Eds), Advanced Topics in Computer Vision, Advances in Computer Vision and Pattern Recognition, Springer, London: 1-34

Weinmann, M., Dittrich, A., Hinz, S., Jutzi, B. (2013): Automatic feature-based point cloud registration for a moving sensor platform. In: Heipke C, Jacobsen K, Rottensteiner F, Sörgel U (Eds) High-resolution earth imaging for geospatial information. International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences XL-1/W1: 373-378

Weinmann, M., Jutzi, B.: (2013) Fast and Accurate Point Cloud Registration by Exploiting Inverse Cumulative Histograms (ICHs). Joint Urban Remote Sensing Event, JURSE 2013. IEEE CFP13RSD (on USB) [ISBN 978-1-4799-0212-5]: 218-221

Weinmann, M., Jutzi, B., Mallet, C.: (2013) Feature relevance assessment for the semantic interpretation of 3D point cloud data. In: Scaioni M, Lindenbergh RC, Oude Elberink S, Schneider D, Pirotti F (Eds) ISPRS Workshop Laser Scanning 2013. ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences II-5/W2: 313-318

5 Mitarbeit in Gremien

S. Hinz:

- Dekan Fakultät Bauingenieur-, Geo- und Umweltwissenschaften
- Sprecher der Dekane und Senatsdelegierter am KIT
- Co-Chair ISPRS IC-WG III/VII “Pattern Analysis in Remote Sensing“
- Sprecher der Helmholtz-Graduiertenschule am KIT für Klima und Umwelt, GRACE (Graduate School for Climate and Environment)
- Mitglied des Prüfungsausschusses für Studiengang „Regionalwissenschaften“
- Leiter der HGF-CAS Dt.-Chin. Forschergruppe „Microwave Remote Sensing“
- Mitglied bei IEEE, DAGM und DGPF

B. Jutzi:

- Vice President (2012-2016) International Society for Photogrammetry & Remote Sensing (ISPRS) Technical Commission I “Sensors and platforms for remote sensing”
- Programm Committee member High-Resolution Earth Imaging for Geospatial Information 2013, Workshop of the ISPRS - Hannover, Germany
- Programm Committee member Laser Scanning 2013, Workshop of the ISPRS (Part of Serving Society with Geoinformatics SSG-2013 event) - Antalya, Turkey
- Mitglied bei DGPF, IEEE, IEEE Computer Society und IEEE Robotics and Automation Society

U. Weidner :

- Mitglied im DIN - Ausschuss 03.02.00 Photogrammetrie und Fernerkundung
- Leitung des Arbeitskreises Bildanalyse und Bildverstehen der DGPF
- Mitglied bei DGPF

M. Weinmann:

- Mitglied bei DGPF, IEEE, IEEE Computer Society and IEEE Robotics and Automation Society

T. Vögtle :

- Mitglied der Kommission Studium und Lehre des Studiengangs Geodäsie und Geoinformatik am KIT