

**Institut für Geodäsie und Photogrammetrie**  
**Technische Universität Braunschweig**  
Jahresbericht 2002

**1. Wissenschaftliche Mitarbeiter und personelle Veränderungen**

**Institutsleitung:**

NIEMEIER, WOLFGANG, Prof. Dr.-Ing. habil.

**Entpflichtete Professoren:**

MÖLLER, DIETRICH, Prof. Dr.-Ing. em.

SCHRADER, BODO, Prof. Dr.-Ing. habil. a. D.

WEIMANN, GÜNTER, Prof. Dr.-Ing. em.

**Wissenschaftliche Mitarbeiter/innen:**

ALEX, NICOLA, Dipl.-Ing.

ANTHONY, MARK, Dipl.-Geoökologe (BMBF)

HEINERT, MICHAEL, Dipl.-Ing. (DFG)

KATRYCZ, WOLFGANG, Dipl.-Ing. (SFB 477)

KERN, FREDIE, Dr.-Ing.

MIIMA, JOHN-BOSCO, M. Sc. (DAAD)

MOTAGH, MAHDI, M. Sc. ab 1.10.02

PERLT, JAMES, Dipl.-Ing. (Industrie, DFG)

RIEDEL, BJÖRN, Dr.-Ing.

SCHÄFER, MARKUS, Dipl.-Ing.

TENGEN, DIETER, Dipl.-Ing. (VW) ab 1.09.02

THOMSEN, SVEN, Dipl.-Ing. (AIF/SAB)

**Sekretariat:**

BANK, JUTTA,  
Verwaltungsangestellte (Teilzeit)

PIEKERT, HELGARD,  
Verwaltungsangestellte (Teilzeit)

**Technische Mitarbeiter:**

HECK, ANJA, Industriemechanikerin

SHELLIN, WOLFGANG, Vermessungstechniker

SIEVERS, MANFRED, Kartograph

VOGEL, DIRK, Vermessungstechniker

**Lehrbeauftragte:**

GODDING, ROBERT, Dipl.-Ing., Aicon,  
Industriephotoграмmetrie und Bildverarbeitung

KEHNE, GERD, Prof. Dr.-Ing., Fachhochschule  
Frankfurt am Main

RIECHMANN, WOLFGANG, Dr.-Ing.,  
Volkswagen AG, Forschung und Entwicklung

**2. Personelle Mitteilungen**

Am 28.06.2002 ist Prof. Dr.-Ing. em. KARL GERKE im gesegneten Alter von 97 Jahren verstorben. Karl Gerke hat an der TU Braunschweig studiert, promoviert und kam 1962 als Direktor des damaligen Instituts für Vermessungskunde zurück an seine Heimat-hochschule. Von 1966 bis 1968, d.h. in unruhiger Zeit, war er Rektor der TU, der er auch nach seiner Emeritierung im Jahr 1972 eng verbunden blieb.

**3. Forschungsaktivitäten**

**Kinematische Modelle in Island**

1) Regionales kinematisches Modell für Südwest-Island

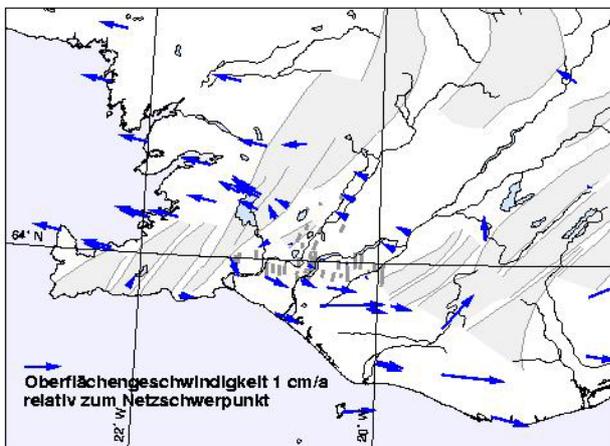
Die kinematische Modellbildung stützt sich erster Linie auf die Ergebnisse der GPS-Kampagnen '95 und '99 durch das Institut für Geodäsie und Photogrammetrie in Zusammenarbeit mit Veðurstofa Íslands (Icelandic Meteorological Office), Raunvísindastofnun Háskólans (Science Institute, University of Iceland), Norræna Eldfjallastöðin (Nordic Volcanological Institute) und Landmælingar Íslands (National Land Survey of Iceland). Die aktuellste Kampagne nach dem ersten Beben am 17. Juni 2000 ist nur von den isländischen Kollegen der genannten Einrichtungen durchgeführt worden.

Weiterhin fließen die GPS-Kampagnen 1986, '89 und '92 der Arbeitsgruppe der University of Iceland und der University of Colorado at Boulder als die ältesten verfügbaren Datensätze in die Modellierung ein. Die großräumige Ergänzung bildet der Epochenvergleich der Kampagne von 1999 mit der ISNET-Kampagne '93 durch das Institut für Angewandte Geodäsie, die Universität Hannover in Zusammenarbeit mit der Isländischen Landesvermessung.

Unzureichende Punktidentitäten der unterschiedlichen Netze in verschiedenen Messepochen und Transformationsparameter zwischen den Netzen stellen für die erfolgreiche Modellierung die wesentlichen zu lösenden Probleme dar. Nebenstehende Abbildung zeigt die vorhandenen Bewegungsvektoren innerhalb der Region von SW-Island.

Die Ergebnisse des kinematischen Bewegungsmodells wurden auf der ,XXVII General Assembly of the European Geophysical Society', im April 2002 in Nizza vorgestellt.

## 2) Neu-Interpretation der terrestrischen



Messungen am Pingvallavatn

Seit 1967 wurden rund um Islands größten See, den Pingvallavatn, terrestrische Deformationsmessungen ausgeführt. Die Deformationsanalyse auf der Basis des Objektpunkt-Stützpunkt-Konzeptes lieferte für diese terrestrischen Messungen bisher nur eingeschränkte oder nicht interpretierbare Ergebnisse. Mit einem robustifizierten Ansatz mit Hilfe eines LMS-Schätzers ist es bereits für einige Epochen gelungen, zu konsistenten und geologisch interpretierbaren Blockbewegungen zu gelangen. Eine erste geschlossene

Mehreperioden-Lösung für die Deformationsfigur Pingvellir liegt ebenfalls vor. Diese Ergebnisse werden aufgearbeitet und publiziert.

## 3) Erdbeben-Bewegungs-Relationen auf Island

Jeweils im Winter kommt es zu einer Erscheinung, dass sich die IGS-Stationen auf Island synchron bewegen. Dieses Ergebnis lässt sich der KALMAN-gefilterten Zeitreihe der täglichen Koordinaten des Jet Propulsion Laboratory entnehmen. Zusätzlich lassen sich Periodizitäten der Seismizität auf Island mit dem Bewegungsverhalten in Beziehung setzen. Insbesondere der Zeitraum vor den schweren Beben des Juni 2000 in der Südisländischen Seismischen Zone zeichnet sich durch Rückkoppelungen zwischen seismischen Ereignissen und Bewegungen aus. Diese Phänomene sind auf der ,XXVII General Assembly of the European Geophysical Society' erstmals vorgestellt und diskutiert worden.

## Eisdynamik Inlandeis-Schelfeis

Die bisherigen Arbeiten zur Modellierung des vertikalen Bewegungsverhaltens von Schelfeis in der Übergangszone wurden auf die dreidimensionale Modellierung des Brunt Ice Shelves erweitert. In dem DFG-Forschungsvorhaben „Modellierung des Brunt Ice Shelf“, das ein Gemeinschaftsprojekt zwischen dem British Antarctic Survey (BAS) in Cambridge (UK) und dem igp ist, soll ein viskoelastisches Fließmodell als Grundlage für die Massenbilanzberechnung erstellt werden. Durch Einbeziehung der Ozeangezeiten wird ein elastisches Plattenmodell zur Verbesserung der InSAR-Auswertung entwickelt.

Im Südsommer 2002/2003 wurden hierzu vom BAS ein 12 GPS-Empfänger umfassendes kontinuierlich-registrierendes GPS-Arrays auf dem Brunt Ice Shelves aufgebaut, damit konnte die Erfassung der diskontinuierlichen Fließ- und Gezeitendynamik registriert werden. Die notwendigen Auswertearbeiten für das Post Processing der GPS-Beobachtungen haben begonnen und die elastische Modellierung des Brunt Ice Shelves unter synthetischem Gezeiteinfluss ist weitestgehend abgeschlossen.

## Analyse kontinuierlicher Beobachtungen mit Hilfe systemtheoretischer Lösungsverfahren

Seit einigen Jahren werden verstärkt Entwicklungen voran getrieben, um mit geodätischen Methoden eine automatisierte, kontinuierliche Beobachtung von Objekten zu ermöglichen.

Aus der Systemtheorie heraus sind eine Reihe von Algorithmen zur Analyse kontinuierlicher Messreihen entwickelt worden, welche heute überwiegend als Standardwerkzeuge (Auto-/Kreuzkorrelationsfunktionen, Fouriertransformation, Wavelet-Transformation, etc.) in verschiedenen Programmsystemen zur Verfügung stehen.

Bei der hintereinander geschalteten Verwendung von unterschiedlichen Standardwerkzeugen mit ihrem black-box-Charakter kann es jedoch zu schwerwiegenden, nicht immer erkennbaren Fehlschlüssen kommen. Ziel dieses Projektes ist es, ein in seinen Teilschritten aufeinander abgestimmtes Konzept von der sachgerechten Auswertung der Rohdaten bis zu einer Prozessbeschreibung zu entwickeln.

Auf dem Weg zu einer hypothesenfreien Detektion dicht benachbarter Frequenzen in periodischen Prozessen sind verschiedene Ansätze erarbeitet worden. Dabei kann ausgehend von der komplexwertigen Fouriertransformation eine Detektion zunächst qualitativ erfolgen. Mit dieser Vorinformation kann auf der Basis der linearen Programmierung die quantitative Bestimmung von Amplitude, Frequenz und Phasenlage erfolgen.

Zur Untersuchung der komplexwertigen Fouriertransformation ist es erforderlich, bereits bei der Datenaufbereitung vorhandene Datenlücken in den Messreihen sinnvoll zu beseitigen, um einen möglichst langen kontinuierlichen Datenvektor für die Transformation zu besitzen. Hierzu werden begleitende Untersuchungen vorgenommen.

Der zweite Schwerpunkt dieses Projektes be-

steht in der Untersuchung von Systemrelationen aus kontinuierlichen Messreihen. Zu diesem Zweck sind verschiedene Ansätze der Künstlich Neuronalen Netze und der Fuzzy-Regelsysteme getestet worden.

## Dreidimensionale Überwachung der Geometrie und der Geometrieänderung von Deponiekörpern an der Oberfläche und an der Basis

Das IGP ist mit dem Teilprojekt C4 am Sonderforschungsbereich 477: „Sicherstellung der Nutzungsfähigkeit von Bauwerken mit Hilfe innovativer Bauwerksüberwachung“ beteiligt. Im Zuge dessen sollen die geometrischen Veränderungen von Deponiekörpern erfasst und von anderen Teilprojekten des Sonderforschungsbereiches weiterverarbeitet werden. Zu diesem Zweck wird ein inertiales Messsystem der Deutschen Montantechnologie (DMT) adaptiert und Mess- und Auswertemethoden entwickelt.

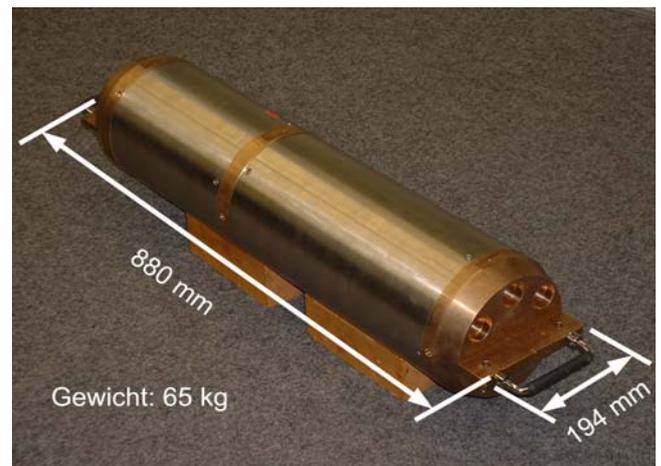


Abb. 1: Druckfeste Kapselung (ohne Fahrge- stell). Vorne drei Gewinde für Datenschnittstellen zur Infrarot-Übertragung durch drei Schraubschaugläser (nicht sichtbar).

Seit Beginn des Projektes wurden in enger Zusammenarbeit und Koordinierung mit der DMT Änderungen und Ergänzungen an der Hardware vorgenommen. Eine Übersicht über die fertige druckfeste Kapselung gibt Abb. 1, eine Prinzipskizze des Gesamtsystems mit

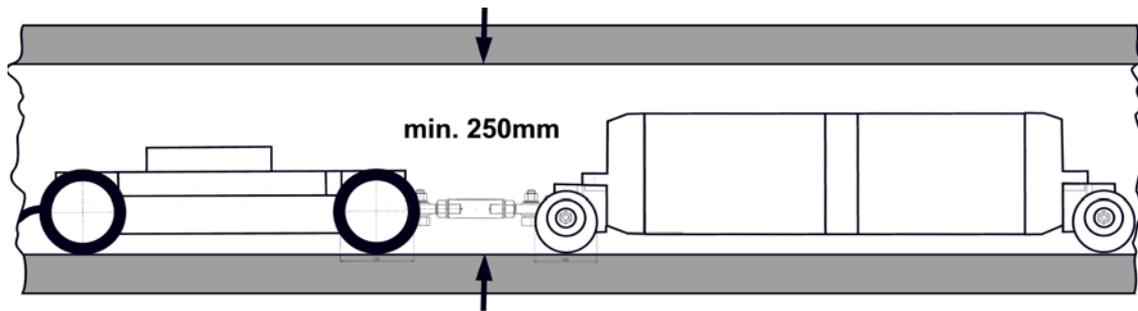


Abb. 2: Gesamtsystem mit motorisierter Lafette (links) und gekapselter Sensorik mit Fahrwerk (rechts).

Fahrgestell, welches im letzten Jahr konzipiert und entwickelt wurde, gibt Abb.2. Parallel zur Fahrzeugentwicklung wurde weitergehende Forschungsarbeit an Feldkalibrierungs-Hardware und -Methodik vorangetrieben.

In der Softwareentwicklung wurden seit Beginn der Förderung (1998) gängige Auswertemethoden gesichtet und vereinheitlicht. In den Bereichen der linearen Algebra, insbesondere im Quaternionenkalkül wurden, aufbauend auf der Einführung einer übersichtlichen Operatorschreibweise, neue Beobachtungsgleichungen aufgestellt und in den Auswerteprozess eingeführt.

### **Automatisierte Modellierung von Bauwerksgeometrien aus 3D-Laserscanner-Daten**

Um die geometrischen Parameter wie Lage, Größe, Orientierung und Form eines Bauwerkes zu erfassen sind eine Vielzahl von Messmethoden und -techniken im Gebrauch. Bei der Bauaufnahme wird bevorzugt die Messmethodik Handaufmaß angewendet, sehr häufig aber auch Verfahren aus der Architekturphotogrammetrie genutzt und seltener kommen tachymetrische Verfahren zum Einsatz. Die Bauaufnahme ist als Umkehrung des Prozesses zu beschreiben, der vom architektonischen Entwurf über die Bauausführung zum fertiggestellten, ggf. im Laufe der Zeit veränderten, Bauwerk führt (Wangerin 1992). Die Bauaufnahme ist somit auf die Analyse und Interpretation der Befunde eines Bauforschenden angewiesen. Zu den wichtigsten Befundquelle gehört neben dem Original-Bauwerk selbst die Beschreibung der Bauwerksgeometrie anhand eines maßstäblichen Modells.

Als weitere Alternative zu den konventionellen Messtechniken können die Mitte der 1990er Jahre entwickelten terrestrische 3D-Laserscanner zur Erfassung eingesetzt werden. Mit einem 3D-Laserscanner wird das Messobjekt in einem regelmäßigen Raster abgetastet und seine Oberfläche durch eine Wolke von unklassifizierten Punkten beschrieben. Dieser besondere Abtastvorgang führt zu einer speziellen Art der Diskretisierung, dessen Bedeutung für die Ableitung der Bauwerksgeometrie war der Ausgangspunkt für die Forschungsarbeiten.

Die 3D-Laserscanner-Messtechnik erlaubt unter günstigen Bedingungen die Vermessung von Objekten mit einer Ausdehnung bis etwa 50m binnen weniger Minuten. Während einer einzigen Messung wird eine Punktwolke mit etwa einer Million 3D-Punkten erzeugt. Diese extrem hohe Messgeschwindigkeit stellt ein enormes Kostensenkungspotential dar. Bislang wird dieser Einspareffekt aber fast vollends durch die aufwendige, überwiegend manuell durchzuführende, dreidimensionale Auswertung der riesigen Informationsmengen aufgezehrt. Abhilfe können hier nur automatisierte Auswerteverfahren schaffen.

Vor diesem Hintergrund wurden für die Problemstellung, anhand einer Punktwolke ein Randflächenmodell abzuleiten, Algorithmen zur Flächenrückführung entwickelt und implementiert. Die dabei neu eingeführte Methodik der getrennten Verarbeitung einzelner Punktwolken mit anschließender Vereinigung der Einzelmodelle ermöglicht den Entwurf relativ einfacher, universeller und geräteunabhängiger Algorithmen, die zudem auch für große Punktmengen geeignet sind.

Für die Transformation von Punktwolken in ein gemeinsames Bezugssystem sind verschiedene Verfahren untersucht und bewertet worden.

Aufbauend auf der flächenorientierten Auswertung wurden Verfahren zur automatischen Extraktion von Grundrissen und Schnitten entwickelt; Vermessungsprodukte, die auch weiterhin eine große Bedeutung im Bauwesen haben werden.

Wird ein 3D-Laserscanner mit einer Digitalkamera derart kombiniert, dass während des Scannens automatisch Farbphotos aufgenommen werden können, so erhält man korrespondierte Bild- und Geometriedaten für das Messobjekt. Die Kombination dieser beiden Informationsebenen, die sich hinsichtlich ihrer Schwächen und Stärken komplementär zu einander verhalten, erlaubt die automatische Ableitung von Orthophotos höchster Qualität z.B. von einer stark strukturierten Hausfassade. Grundmodule zur automatischen Ableitung von Panoramen und Orthophotos sind entwickelt worden.

Die Anwendbarkeit und Nützlichkeit der dargestellten automatisierten Methoden und Verfahren wurde an Praxisbeispielen verifiziert.

### **FuE-Vorhaben: "Tunnelinformationssystem"**

Ein Tunnelbauprojekt kann nur dann erfolgreich umgesetzt werden, wenn auf Planungs- und Ausführungsebene eine Zusammenarbeit der hochspezialisierten Fachkräfte aus den Gebieten Verkehrsplanung, Geologie, Hydrologie, Geotechnik, Geodäsie, Konstruktion und Bauausführung erfolgt. Tunnelprojekte werden immer komplexer und damit sind auch die Anforderungen an die Projektbeteiligten gestiegen. Diese in einem bestimmten Kostenrahmen zu realisierenden Bauprojekte verlangen nach einer fortlaufenden Anpassung der Arbeitsmethodik, nicht zuletzt durch sich kontinuierlich ändernde äußere Einflüsse. Dies verlangt nach einem schnellen interdisziplinären Datenaustausch. Heutzutage kann die Realisierung durch den Einsatz moderner Informationstechnologie erreicht werden.

Die Leistungsfähigkeit moderner Informationstechnik macht es möglich, mit einem Tunnelinformationssystem ein Managementwerkzeug zu erstellen, welches sämtliche Aufgaben des Projektmanagements, des Qualitätsmanagements und des Informationsmanagements bündelt und erleichtert.

Zielsetzung der Forschungsarbeiten sind die Sondierung und Integration fachübergreifender Daten, die Datenanalyse, die Schaffung einer wissensbasierten Entwicklungsumgebung sowie die Modellierung und Visualisierung projektbezogener Daten im Tunnelbau. Sie begannen mit der Erstellung einer Marktanalyse im März 2002. In diesem Zusammenhang wurden auch die Anforderungen an das Informationssystem spezifiziert und ein Pflichtenheft erstellt.

Die Marktanalyse, als Folge der grundsätzlichen Abgrenzung der Einsatzfelder eines Tunnelinformationssystems, d.h. die Analyse der komplexen Prozesse innerhalb eines Tunnelbauprojektes, hat ergeben, dass vom Anwender keine Insellösung erwartet wird sondern, dass durch die starke Vernetzung der Arbeitsmethoden auf den Gebieten Geodäsie, Geotechnik, Geologie sowie Bautechnik die Notwendigkeit eines integrierenden Informationssystems, das auch die Bereiche Projektmanagement und Dokumentenmanagement beinhaltet, erwartet wird. Ein solches Informationssystem liefert darüber hinaus aufgrund seiner homogenen Datenstruktur einen nicht unerheblichen Beitrag zur Qualitätssicherung eines Tunnelbauprojektes.

Das erarbeitete geodätische Datenmodell umfasst neben zeitcodierten Lage- und Höhenparametern diverse geotechnische Messsensoren.

Für die besonders zukunftssträftig erscheinende Laserscannertechnologie wurde ein Konzept zur Implementierung entwickelt.

Das Problem des Bezugssystems, d.h. die Überführung unterschiedlicher Systeme in ein einheitliches System, lässt sich über geeignete Transformationsalgorithmen realisieren. Hierzu wurde ein Transformationsmodul implementiert.

Ferner wurden einheitliche Schnittstellen für unterschiedliche Module von Auswerterroutinen definiert. Einfache Auswertansätze zur Datenaufbereitung und Datenanalyse (Interpretation) wie Filterung (Glättung) der Datenreihen sind Bestandteil des Informationssystems. Weitergehende Auswertansätze, z.B. zur Wertsprungerkennung sollen aufgenommen werden.

Ausgehend von diesen allgemeinen Analysemethoden sollen spezielle Methoden zur Erstellung von Prognosen entwickelt werden. Anwendung finden solche Methoden z.B. bei der Analyse des zeitlichen Konvergenzverlaufs.

### **Kontinuierliche Überwachungsmessungen an der Okerbrücke am Fallersleber Tore**

Die Überwachungsmessungen an der Okerbrücke am Fallersleber Tore wurden auch im Jahr 2002 in Zusammenarbeit mit dem Tiefbauamt der Stadt Braunschweig weiter fortgesetzt. Die Aktivitäten des zurückliegenden Jahres zielten auf die Vollautomatisierung des Systems von der Messung bis zur aktualisierten Datenbank mit On-line-Zugriff für den Projektpartner. Diese Überwachung wurde im Mai 1999 gestartet und soll fortgesetzt werden bis die Sanierung des Bauwerkes abgeschlossen ist.

Bei der Automatisierung sind verschiedene Fehlerquellen auszuschalten. So ist die Vollständigkeit der Messungen ebenso zu prüfen, wie die Richtigkeit, denn es haben sich im zurückliegenden Betrieb verschiedene Möglichkeiten einer Beeinträchtigung der Messmarken gezeigt. Es treten sowohl zufällige Störungen durch Verschmutzung oder Bewuchs auf, als auch mutwillige Beschädigungen an solchen Punkten, welche für Ruderer erreichbar sind.

Dreimal täglich werden mit einem motorisierten Tachymeter Leica TCA 1800 etwa 180 Punkte am Bauwerk automatisch erfasst. Zur Berücksichtigung der Temperatureinflüsse bei den Messungen zu den Kontrollpfeilern wurde zusätzlich eine Wetterstation in unmittelbarer Umgebung der Brücke installiert. Die Umweltdaten fließen zur Korrektur und Reduktion der Messdaten in die Ausgleichung auf der

Basis von PANDA (Geotec) ein.

Eine im Rahmen des DFG-geförderten Projektes ‚Analyse kontinuierlicher Beobachtungen mit Hilfe systemtheoretischer Lösungsverfahren‘ eigens entwickelte adaptive KALMAN-Filterung beseitigt instrumentelle, zufällige und systematische Einflüsse. Die gefilterten Punkt-Bewegungen repräsentieren damit die Bewegung des Bauwerkes mit mm-Genauigkeit. Weiterhin ermöglicht das Filter den Austausch von Messmarken ohne dass die Punkthistorie verloren geht.

Nach der Auswertung und Analyse am Institut für Geodäsie und Photogrammetrie werden die aktuellen Daten an das Tiefbauamt weitergeleitet.

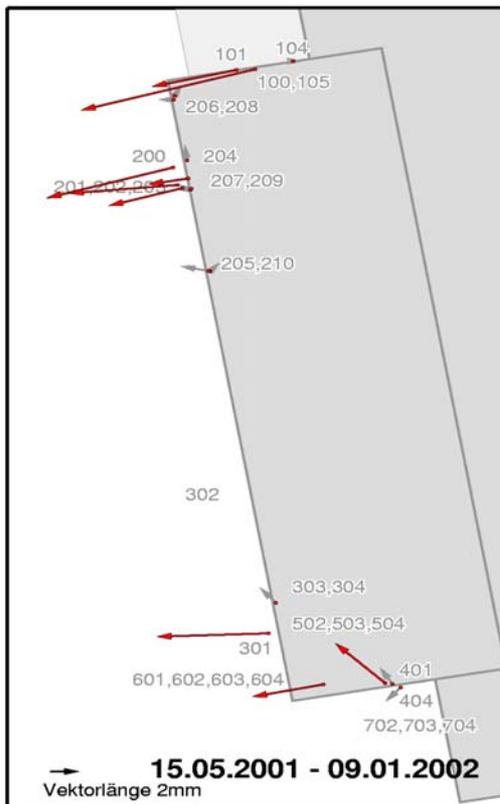
Die weitere Untersuchung der Daten erfolgt auf der Basis von Künstlichen Neuronalen Netzen, welches Systemrelationen zwischen den Umweltbedingungen von Temperatur, Luftdruck und Luftfeuchtigkeit, Wasserniveau-Veränderungen und Verkehrsauflast und den Bauwerksbewegungen ableiten soll. Es soll jetzt getestet werden, ob ein derart trainiertes Netz in der Lage ist, zur Prädiktion der Bauwerksbewegung die Umwelteinflüsse abzuspalten, um Veränderung des eigentlichen Bauwerksverhaltens deutlich zu machen.



### **Stiftskirche Bad Gandersheim**

Am Bauwerk der Stiftskirche in Bad Gandersheim wird das saisonale und langzeitliche Bewegungsverhalten der Kirchtürme unter Nutzung eines Tachymeters untersucht. Hierbei sind die historischen Neigungen und Setzungen zu berücksichtigen. Die Tätigkeiten werden in Zusammenarbeit mit weiteren Insti-

tuten im Auftrag des Landeskirchenamtes Wolfenbüttel ausgeführt.



Das eingerichtete Netz erweist sich als hinreichend genau und stabil, die auftretenden Bewegungen am Bauwerk zu messen. Die dominierenden Bewegungen werden durch Temperaturveränderungen des Bauwerks hervorgerufen. In Verbindung mit der Sanierung des Gebäudes sind weitere Messungen vorgesehen.

### Präzise Vermessung von Verkehrswegen für die Unfallforschung

Es ist bekannt, dass ungefähr 95 Prozent aller Unfälle auf menschliches Fehlverhalten zurückzuführen sind. Die Ursache für diese Unfälle ist meist eine Fehleinschätzung des normalen Fahrverhaltens. Allgemein formuliert ist das normale Fahrverhalten eine Interaktion zwischen Strasse, Fahrzeug und Fahrer. Um das Fahrverhalten unter normalen Fahrbedingungen analysieren zu können und so Rückschlüsse auf die Ursache von Unfällen zu erhalten, ist daher die genaue Kenntnis aller potentiellen Einflussmöglichkeiten erforderlich. Während Kenngrößen eines Fahrzeugs über eine aufwendige Sensorik im Fahrzeug verfügbar sind, kann die Interaktion zwischen

Fahrzeug und Strasse beschrieben werden, indem ein präzises geometrisches Modell einer Referenzstrecke vorliegt. Daher wurde im Rahmen einer Machbarkeitsstudie zusammen mit der Unfallforschung der Volkswagen AG eine 60km lange Referenzstrecke mit GPS vermessen. Die Erfassung der Begrenzungslinien erfolgte durch eine kontinuierliche, direkte Aufmessung mittels differentiellem GPS von einem Fahrzeug aus. Die Verfolgung der Begrenzungslinien gelang durch eine Übertragung des Videobildes auf einen Monitor im Fahrzeug. Angelehnt an die OKSTRA-Datenstruktur wurde ein Datenmodell für die Referenzstrecke entworfen. Das erzeugte geometrische Modell der Referenzstrecke enthält alle Fahrbahnbegrenzungslinien sowie alle verkehrsbeeinflussende Objekte im Verkehrsraum, wie z.B. Verkehrsschilder, Brücken, Lärmschutzwände, etc. Die Daten, in diesem Fall 3D-Koordinaten und Metadaten sind für die Weiterverarbeitung in einem Datenbanksystem bzw. Geoinformationssystem (GIS) vorgehalten. In einem weiteren Schritt wurden im Rahmen der Machbarkeitsstudie Versuchsfahrten durchgeführt, wobei die genaue Position eines Versuchsfahrzeugs kontinuierlich (5Hz) über GPS bestimmt werden konnte. Die Verknüpfung dieser Positionen des Versuchsfahrzeugs mit der hochgenau bestimmten Referenzstrecke bildet die Grundlage bzw. Möglichkeit für die Analyse alltäglicher Fahrvorgänge (Abbiegevorgänge, Spurwechsel, etc.).

## 4. Neuere Lehraktivitäten

### BMBF – Verbundvorhaben Multimedia in der Lehre

Im Rahmen des BMBF-Verbundvorhabens „Multimediale Lehr- und Lernplattform für den Studiengang Bauingenieurwesen“ wird das Teilprojekts C1 „Gelände- und Objekterfassung mit GIS“ bearbeitet.

Gegenstand ist die Erstellung eines Lehrmoduls, das den Studierenden den Aufbau und die Funktionsweise von Geo-Informationssystemen (GIS) vermittelt.

Die Lehrinhalte umfassen alle wesentlichen Arbeitsschritte eines GIS-Projektes, also von der Problemanalyse, der Datenerfassung und -modellierung, dem Datenmanagement bis zur Analyse und Präsentation.

Neben einer darbietenden Vermittlung des notwendigen Hintergrundwissens sollen exemplarisch Problemstellungen, wie sie in der praktischen GIS-Arbeit tatsächlich auftreten können, vom Studierenden anhand interaktiver Übungskomponenten nachempfunden werden.

Eingebunden ist das Teilprojekt in das übergeordnete Leitprojekt „Virtuelle Infrastruktur“, in dem Verknüpfungen zu anderen Teilprojekten (Straßenbau und Siedlungswasserwirtschaft) hergestellt werden: Am Beispiel von Schäden am Kanal- und Straßennetz eines Modellgebietes wird dargestellt, wie Daten in einem GIS zusammengeführt und einer integrierten Analyse unterzogen werden, um letztlich aufeinander abgestimmte Sanierungsmaßnahmen zu entwickeln.

Auf diesem Wege soll der Querschnittscharakter von Fragen der Planung und des Managements der Infrastruktur erkennbar werden. Geo-Informationssysteme stellen dabei ein wichtiges Grundlagenwerkzeug dar, dessen vielfältige Einsatzmöglichkeiten für die Studierenden veranschaulicht werden.

### **Geo-Informationssysteme - Grundlagen**

Als Wahlpflichtveranstaltung für Bauingenieure des Grundfachstudiums (4. Semester) wird diese neue Vorlesung zu den Grundlagen der Geo-Informationssysteme angeboten. Von der Modellierung, der primären und sekundären Erfassung, dem Management sowie der Analyse und Visualisierung von Geodaten wird ein Überblick über die wichtigsten Aspekte einer GIS-Bearbeitung raumbezogener Fragestellungen gegeben. In einem praktischen Übungsteil erfolgt eine Einführung in die GIS-Software ArcGIS (ESRI).

### **Geo-Informationssysteme - Anwendungen**

Im Rahmen der Vertiefungsfächer „Infrastrukturplanung und –management im Bauwesen“ sowie „Ingenieurgeodäsie“ wird vom Institut

die neue Lehrveranstaltung „Geo-Informationssysteme – Anwendungen“ (ursprünglich „Raumbezogene Informationssysteme“) angeboten. Nach einer kompakten Einführung in die GIS-Grundlagen liegt der Schwerpunkt dieses Kurses in der praktischen Bearbeitung eines konkreten Projektes durch die Studierenden unter Einsatz der GIS-Software ArcGIS (ESRI).

### **Masterstudiengang „Nachhaltiges Management und Schutz von Gewässern (Pro-Water)“**

In diesem neu initiierten Masterstudiengang, der als Fernstudium konzipiert ist, werden vom Institut zwei Vorlesungen im Bereich „Geo-Informationssysteme“ angeboten.

In der VL „Geo-Informationssysteme“ werden die Grundlagen für die darauf aufbauende VL „GIS-Analyse und Fernerkundung im Gewässerschutz“ vermittelt. In der Präsenzphase werden praktische Übungen durchgeführt.

Die Vorlesungen sind z. Z. im Aufbau und werden zu Beginn des Masterstudiengangs im Sommersemester 2003 vorliegen.

## **5. Schulungen**

### **GPS-Einführung bei der niedersächsischen Straßenbauverwaltung**

Für die Mitarbeiter der Niedersächsischen Straßenbauverwaltung aus dem Bereich Vermessung wurde ein Konzept für die Durchführung einer theoretischen und praktischen Schulung zur Einführung von GPS entwickelt und durchgeführt. Neben dem allgemeinen Messprinzip des GPS in der Navigation und Vermessung wurde der Systemaufbau, die Beobachtungsverfahren, Auswertestrategien, der komplexe Bereich Mehrdeutigkeitsbestimmung und natürlich Unterschiede der einzelnen Auswerteprogramme behandelt.

Im Hinblick auf den praktischen Teil wurde unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit neben der Geräteauswahl auch die Wahl des geeigneten Beobachtungs- bzw. Auswerteverfahrens bearbeitet.

Hier wurde speziell auf die Themen RTK-Messung und SAPOS mit seinem Systemauf-

bau, Genauigkeit, Nutzergruppen und Strategien eingegangen.

Zum Thema Auswertung wurden die Bereiche Qualitätsbeurteilung, Prüfung einer Auswertung sowie Bezugssysteme, Umformungen, Transformationen und die Ausgleichung behandelt.

Der praktische Teil vom Aufbau und Einsatz einer GPS-Ausrüstung über Durchführung statischer und kinematischer Vermessung bis hin zum Auslesen der Daten wurde im Feld vermittelt.

## 6. Geodätische Kolloquien

16.01.2002: Dipl.-Ing. THOMAS SCHOCK, Firma Leica Geosysteme, München. Geometrieerfassung mit 3D – Laserscannern – Das System CYRAX 2500 -.

31.01.2002: Dipl.-Ing. REINHARD KRUMBHOLZ, Leiter des Dezernats 207, Vermessungs- und Katasterangelegenheiten, Bezirksregierung Braunschweig. GIS/ Geobasisdaten, Stand in Niedersachsen.

28.05.2002: Prof. Dr. MEHMET CELEBI, US Geological Survey, Western Region, Western Earthquake Hazards Team, Menlo Park, Californien/USA. Developments in the Use of GPS for Monitoring Long-Period Structures

06.06.2002: Dr.-Ing. FRIDOLIN WICKI, Bundesamt für Landestopographie, Eidgenössische Vermessungsdirektion, Wabern/Bern, Schweiz. Der neue Bezugsrahmen der schweizerischen Landesvermessung (LV95) und die Konsequenzen der LV95 für die amtliche Vermessung (Katastervermessung)

31.10.2002: Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. WOLFGANG NIEMEIER, Dipl.-Ing. MICHAEL HEIMERT und Dr.-Ing. JOHN-BOSCO MIIMA, alle: Institut für Geodäsie und Photogrammetrie, Technische Universität Braunschweig. Automatische, mehrjährige

Überwachung der Fallersleber-Tor Brücke in Braunschweig

10.12.2002: Dr. Ingi ÞÓRLEIFUR BJARNASON, Science Institute, University of Iceland, Reykjavik, Iceland, The Iceland mantle and related structures

## 7. Veröffentlichungen und Vorträge

### Veröffentlichungen

Heinert, M., Reiser, St.: Continuous building monitoring using adaptive Kalman-Filtering for real-time data screening and pre-processing. In Kahmen/Niemeier/Retscher (Eds.): Second Symposium on Geodesy for Geotechnical and Structural Engineering II. Proceedings, Berlin 21.-24. May 2002, pp. 82-91.

Heinert, M., Perlt, J.: Relationship of Seismic Events and Divergent Plate Motion in Iceland. Abstract. XXVII. General Assembly of the European Geophysical Society (EGS), Nice, France, 21.-26. April 2002.

Heinert, M, Perlt, J.: GPS-Messungen in Island. Poster. Tage der Forschung Blickpunkt Erde, Braunschweigisches Landesmuseum, Braunschweig 2002, 14. - 16. Juni 2002.

Katrycz, W., Niemeier, W.: Potenzial und Leistungsfähigkeit von inertialen Meßsystemen in der Geotechnik, erschienen in: Mitteilungen des IGB, TU Braunschweig, Heft Nr. 68, Messen in der Geotechnik, Fachseminar: 21./22. Februar 2002, p. 199-208

Katrycz, W.: A Strapdown Inertial Measuring System for the Monitoring of Drainage Pipes in Landfill Sites, erschienen in: Kahmen / Niemeier / Retscher (Eds.), "Geodesy for Geotechnical and Structural Engineering II", Department of Applied and Engineering Geodesy, Vienna University of Technology, Austria, 2002, p. 344-354

Kern, F., Thomsen, S., Mittelstädt, D, Gay, O.: Integrierte Auswertung von Laserscanner- und Bilddaten für das Facility Management. In: Luhmann, Th. (Hrsg.): Photogrammetrie und Laserscanning, Heidelberg: Wichmann, 2002, S. 107-117

- Kern, F.: Precise Determination of Volume with Terrestrial 3D-Laserscanner. In: Kahmen, H. (Hrsg.), Niemeier, W. (Hrsg.), Retscher, G. (Hrsg.): Geodesy for Geotechnical and Structural Engineering II, Wien: Department of Applied and Engineering Geodesy, Institute of Deodesy and Geophysics, Vienna University of Technology, 21.-24. Mai 2002, Berlin, S. 531-534
- Miima J.-B.: Adapting neural networks for modelling geodetic deformations. In Kahmen/Niemeier/Retscher(Eds.), Proceedings of the 2nd Symposium on Geodesy for Geotechnical and Structural engineering. Berlin, Germany May 21--24 Pg. 186-194
- Möller, D.: Professor Günter Weimann zum 80. Geburtstag. Photogrammetrie Fernerkundung Geoinformation, Jahrgang 2002, Heft 1, Seite 69-71, 2002
- Möller, D.: Die Entwicklung der Satzungen der Deutschen Geodätischen Kommission. DGK, Reihe E, Heft 26, Seite ... - ... , 2002
- Möller, D.; Witte, B.: Arbeitskreis Hochschul- und Ausbildungsfragen. DGK, Reihe E, Heft 26, Seite ... - ..., 2002
- Niemeier, W.: Ausgleichsrechnung. Eine Einführung für Studierende und Praktiker des Vermessungs- und Geoinformationswesens. de Gruyter Verlag, Berlin 2002, 407 + XIV Seiten
- Niemeier, W., Dare, P., Handley, H., Fraser C.S., Riedel, B.: An Operational Approach of Automatic Feature Extraction : The Measurement of Cracks in Concrete . Photogrammetric Record, 17(99), P. 453-464, 2002
- Kahmen, H., Niemeier, W., Retscher, G.: Geodesy for Geotechnical and Structural Engineering II. Proc. of this Symposium in Berlin, May 2002.
- Niemeier, W.; Riedel, B.: Photogrammetrische Objekterfassung zur Bestimmung der Oberflächengeometrie. In: PUR 2002: Automobil-Comfort-Struktur-Kühlen-Bauen. Proceedings, VDI-Gesellschaft Kunststofftechnik. VDI-Verlag Düsseldorf, 2002.
- Niemeier, W., Backhausen, D., Höper, D., Nehrkamp, K.-H., Petersen, M., Schäfer, M., Stollenwerk, H.-J.: CCES – „Competence Centre of Engineering Surveying“ – A new Internet Service promoting the Surveying Engineering Profession. In: Kahmen/ Niemeier/Retscher (Hrsg.): Second Symposium on Geodesy for Geotechnical and Structural Engineering II. Proceedings, Berlin 21.-24. Mai 2002, S. 195-200.
- Niemeier, W., Thomsen, S., Schäfer, M.: 3D-Geometrieerfassung mit terrestrischen Laserscannern. In: Luhmann (Hrsg.): Photogrammetrie und Laserscanning, Anwendung für As-Built-Dokumentation und Facility Management, Wichmann Verlag, Heidelberg S. 15-26.
- Niemeier, W., Krafczyk, M., Thomsen, S., Zimmermann, J.: Ein Kloster aus Bits und Bytes. Poster. Tage der Forschung Blickpunkt Erde, Braunschweigisches Landesmuseum, Braunschweig 2002, 14. - 16. Juni 2002.
- Perlt, J.: Kinematisches Bewegungsmodell für SW-Island. Vortrag, Workshop Arbeitskreis Geowissenschaftliche Islandforschung, 17./ 18.01.2002, Frankfurt.
- Perlt, J., Heinert, M.: Kinematic modelling of surface velocities in SW-Iceland. Abstract. XXVII. General Assembly of the European Geophysical Society (EGS), Nice, France, 21.-26. April 2002.
- Riedel, B.: The elastic behaviour of Ekstroemisen grounding zone. Report No. 15, Filchner-Ronne-Ice Shelf Programme, Alfred-Wegener-Institut für Polar und Meeresforschung, Bremerhaven, 2002.
- Schäfer, M., Weithe, G.: Survey Solution on the Construction Sites North Downs Tunnel and Medway Crossing Bridge – High Speed Railway from London to the Eurotunnel - . In: Kahmen/Niemeier/Retscher (Hrsg.): Second Symposium on Geodesy for Geotechnical and Structural Engineering II. Proceedings, Berlin 21.-24. Mai 2002, S. 156-165.
- Thomsen, S.: A multi-sensor system for real-time monitoring and control of emplacement processes on landfill sites. In Kahmen/ Niemeier/Retscher (Eds.): Second Symposium on Geodesy for Geotechnical and Structural

Engineering II. Proceedings, Berlin 21.-24. May 2002, pp. 257-265.

### **Vorträge: (Auszug)**

Heinert, M.: Kontinuierliche Bauwerksüberwachung am Beispiel der Brücke am Fallersleber Tore. THESIS-Seminar, Braunschweig, 15. Juli 2002.

Heinert, M., Perlt, J.: Permanentstationsbewegungen der isländischen IGS-Stationen. Arbeitskreis Geowissenschaftliche Islandforschung, Frankfurt/M., 17.-18. Januar 2002.

Heinert, M., Perlt, J., Riedel, B.: Die Dynamik der isländischen Plattengrenzen. Geologisches Seminar, Braunschweig, 14. Mai 2002.

Niemeier, W., Heinert, M., Miima, J.-B., Thomsen, S.: Automatische, mehrjährige Überwachungsmessung der Fallersleber Torbrücke in Braunschweig. Geodätisches Kolloquium, Technische Universität Braunschweig. Braunschweig, 31.10.2002.

Niemeier, W., Heinert, M.: Neubewertung von terrestrischen Daten in Südwestisland. Arbeitskreis Geowissenschaftliche Islandforschung, Frankfurt/M., 17. - 18. Januar 2002.

Niemeier, W., Perlt, J., Heinert, M.: Kinematic modelling of the Southwest Icelandic Plate Boundaries - state of the project. Second Workshop on Iceland, Frankfurt/M., 14. November 2002.

Niemeier, W., Heinert, M., Perlt, J.: Erfassung und Interpretation aktueller Bewegungsraten auf Island. Geowissenschaftliches Kolloquium der Friedrich-Schiller-Universität Jena, 18. November 2002.

Perlt, J., Heinert, M.: Kinematische Modellierung der Oberflächenbewegung Südwestislands. Arbeitskreis Geowissenschaftliche Islandforschung, Frankfurt/M., 17. - 18. Januar 2002.

## **8. Abschlussarbeiten**

### **Doktorarbeiten:**

Riedel, Björn:  
Tag der mündlichen Prüfung: 25.01.2002 Referenten: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Niemeier; Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dieter Dinkler; Univ.-Prof. Dr.-Ing. Reinhard Dietrich; Thema:

Modelle zur Beschreibung des gezeitenbedingten Bewegungsverhaltens von Schelfeisen in der Übergangzone, Geodätische Schriftenreihe Heft 17, ISBN 3-926146-12-5

Miima, John-Bosco:  
Tag der mündlichen Prüfung: 20.09.2002 Referenten: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Niemeier; Univ.-Prof. Dr.-Ing. Heribert Kahmen; Thema: Artificial Neural Networks and Fuzzy Logic Techniques for the Reconstruction of Structural Deformations, Geodätische Schriftenreihe Heft 18, ISBN 3-926146-13-3

Kern, Fredie:  
Tag der mündlichen Prüfung: 13.12.2002 Referenten: Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Wolfgang Niemeier; Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Thomas A. Wunderlich; Thema: Automatisierte Modellierung von Bauwerksgeometrien aus 3D-Laserscanner-Daten, Geodätische Schriftenreihe Heft 19, ISBN 3-926146-14-1

### **Diplomarbeiten:**

Frenzel, Ch.: Untersuchungen zur Maßgenauigkeit von Stahlbetontübbings während der Herstellung, des Transportes und des Einbaues, unveröffentlicht. (Betreuer: M. Schäfer)

Popovic, M.: Untersuchungen zum Qualitätsmanagement bei GPS-Messungen und Entwurf eines Qualitätsmanagementhandbuches, unveröffentlicht. (Betreuer: M. Schäfer)

Willwerth, M.: Vermessungstechnische und baubetriebliche Aspekte eines innovativen Vortriebskonzeptes im innerstädtischen U-Bahn-Bau, unveröffentlicht. (Betreuer: M. Schäfer)

### **Studienarbeiten:**

Langhof, I.: Entwicklung eines GIS-Werkzeuges zur Unterstützung des Gebäudemanagements der TU Braunschweig auf der Basis der GIS-Software ArcGIS 8 (ESRI) (Betreuer: M. Anthony)

Markito, B. W. U.: Entwicklung eines Modells für den Import verkehrsplanerischer Elemente, deren geometrische Darstellung sowie die Berechnung straßenverkehrsbezogener Lärmimmissionspegel innerhalb des Geo-Informationssystems ArcGIS (Betreuer: M. Anthony)

de Stefano, E.: GPS-Anwendung im schienegeführten Betrieb nach Abschaltung von SA. (Betreuer: J. Perlt)

Boenisch, R.: Einsatz eines 3D-Laserscanners für die Rekonstruktion des Kapitelsaals der Klosteranlage Walkenried. (Betreuer: Dr. Kern)

Piesker, G.; Reinhardt, W.: Bauaufnahme und Gebäuderekonstruktion der Klosterkirche Riddagshausen aus digitalen Bildern (Betreuer S. Thomsen)

Klinksieg, K.: Erstellung eines 3D-Modells der Klosterkirche Riddagshausen (Betreuer S. Thomsen)

Zimmermann, J.: Projektbearbeitung Virtuelle Rekonstruktion Kloster Walkenried (Betreuer: Prof. Niemeier)

Henrichs, A.: Computer Aided Facility Management: Analyse der Implementierungsproblematik an Hand einer exemplarischen Softwareanwendung (Betreuer: Prof. Niemeier)

Salbert, F.: Vergleich der Eisgeschwindigkeiten aus InSAR-Daten mit GPS-Beobachtungen auf dem Ekströmsen (Betreuer: Dr. Riedel)

Zumstrull, M.: Visualisierung von Verschiebungen in Pflasteroberflächen (Betreuer: Dr. Riedel)