



## **JAHRESBERICHT 2012**

**Verein „Freunde des Studiengangs Geodäsie und  
Geoinformatik der Universität Stuttgart e.V. (F2GeoS)“**

**[www.f2geos.de](http://www.f2geos.de)**

Herausgeber: Verein „Freunde des Studiengangs Geodäsie und Geoinformatik der  
Universität Stuttgart e.V. (F2GeoS)“  
p.A. Dipl.-Ing. Hansjörg Schönherr, Büchsenstr. 54  
70174 Stuttgart

Bankverbindung: Landesbank Baden-Württemberg Stuttgart  
Kto. 2 088 549      BLZ 600 501 01

Layout: Sabine Feirabend

## Vorwort

Liebe Freundinnen und Freunde des F2GeoS,  
sehr geehrte Damen und Herren,

manche und mancher mag durchaus einen Hauch Wehmut empfinden, gleichwohl neigen sich die Zeiten, zu denen an den Instituten der Geodäsie und Geoinformatik der Universität Stuttgart Diplomingenieurinnen und Diplomingenieure ausgebildet wurden, unweigerlich dem Ende entgegen. Die Mehrzahl der Studentinnen und Studenten des Regelstudiengangs der Diplomingenieure absolvieren derzeit das 8. Semester. Die ersten Bachelor-Abschlüsse sind am Ende des diesjährigen Sommersemesters zu erwarten. Ab Herbst 2012 beginnt der Master-Studiengang Geodäsie und Geoinformatik.

Auch was den Vorbereitungsdienst für den höheren vermessungstechnischen Verwaltungsdienst anbelangt, sind die Auswirkungen des Bologna-Prozesses deutlich sichtbar. Von den im November 2012 zur Großen Staatsprüfung für den höheren vermessungstechnischen Verwaltungsdienst anstehenden Vermessungsreferendarinnen und Vermessungsreferendaren haben immerhin knapp die Hälfte den Master-Abschluss an einer Fachhochschule oder Hochschule für Technik erworben.

Die Gesamtzahl der in Baden-Württemberg im letzten Jahr in ein Ausbildungsverhältnis zum Vermessungstechniker und zur Vermessungstechnikerin übernommenen Personen ist gegenüber den Vorjahren nochmals signifikant gesunken. Die vorgenommene Neuausrichtung der Ausbildungsinhalte konnte den seit den Jahren der Großen Verwaltungsreform zu beobachtenden Trend – jedenfalls noch nicht – stoppen oder gar ins Positive kehren. Da ist es außerordentlich löblich, dass sich unter der Federführung des Ministeriums für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz alle Institutionen, die mit Ausbildung zu tun haben, zur „Zukunft der Ausbildung in der Vermessungs- und Flurneuordnungsverwaltung“ bekennen und damit alle gemeinsam deutlich machen, dass der Beruf auch künftig erstrebenswert ist und Aufgaben in einem breit ausgerichteten Spektrum zu erfüllen sind. Bleibt zu hoffen, dass das entsprechende Projektpapier, das alle Beteiligten im Juli dieses Jahres zu unterzeichnen gedenken, seine volle Wirkung erreichen kann, auch wenn das in diesem Zusammenhang Wünschenswerteste nicht gewährleistet wird, nämlich die Auslobung eines Einstellungskorridors durch die Stellen der öffentlichen Hand für die besten der gut Ausgebildeten.

Von denen, die mitten im Berufsleben stehen, waren es nicht wenige und durchweg Praktiker sowohl von der einen wie von der anderen Seite, die mir mittlerweile ihre Sicht zu den Auswirkungen des geänderten Vermessungsgesetzes geschildert haben. Andere warten offensichtlich gespannt darauf, welche konkreten Auswirkungen die zukünftig stärkere Ökologisierung in den Flurneuordnungsverfahren nach sich ziehen wird. Für all' diese und hoffentlich alle anderen gilt nach wie vor: Das Leben bleibt interessant und spannend. Besser so, als anders!

Mit herzlichen Grüßen und nur guten Wünschen

A handwritten signature in black ink, reading "Klaus Jörg Altmann". The signature is written in a cursive style with some capital letters.

Vorsitzender

# Inhaltsverzeichnis

## Administratives

Vorwort.....	III
Einladung.....	1
Protokoll der Mitgliederversammlung 2011 .....	2
Geschäftsbericht 2012 .....	7
Kassenbericht 2011 .....	8
Satzung.....	9

## Neuigkeiten aus Forschung und Lehre

Integriertes Praktikum 2011: Planung und Messung einer Wasserleitung.....	13
Große geodätische Exkursion 2011 .....	30
Report of the study experience in Austria Academy of Science in Graz by Wenjian Qin .....	38
Kurzbericht über die im Jahr 2011 mit dem Preis des Vereins F2GeoS ausgezeichnete Diplomarbeit von Ali Kohravani.....	49

## Anhänge

Adressliste des Vorstandes.....	60
Adressliste der Rechnungsprüfer und des Geschäftsführers.....	62
Liste der Mitglieder.....	63
Beitrittserklärung.....	67



## Einladung

Liebe Freundinnen und Freunde des F2GeoS,  
sehr geehrte Damen und Herren,

ich lade Sie herzlich zur 18. Mitgliederversammlung unseres Vereins der Freunde des Studiengangs Geodäsie und Geoinformatik der Universität Stuttgart e.V. ein.

Diese findet statt

**am Freitag, dem 13. Juli 2012  
ab 14:00 Uhr  
in Stuttgart  
in der Geschwister-Scholl-Str. 24 D  
im Raum M24.01.**

### Tagesordnung

1. Begrüßung
2. Genehmigung der Tagesordnung
3. Genehmigung des Protokolls der 17. Mitgliederversammlung vom 15.7.2011
4. Verleihung des Vordiplompriesters 2012
5. Bericht des Vorsitzenden
6. Bericht des Schatzmeisters (Kassenbericht 2011)
7. Bericht der Rechnungsprüfer
8. Aussprache über die Berichte
9. Entlastung des Vorstands
10. Beschluss über den Haushaltsplan 2013
11. Anträge (bitte bis spätestens 9.7.2012 schriftlich beim Vorsitzenden einreichen)
12. Verschiedenes
13. Bericht des diesjährigen Preisträgers

Im Anschluss an die Mitgliederversammlung stellt uns Herr Prof. Dr.-Ing. Nico Sneeuw sein Geodätisches Institut vor.

Ab ca. 16:30 Uhr werden fachliche Gespräche verbunden mit einem kleinen Imbiss und Getränken unsere Mitgliederversammlung ausklingen lassen.

Wegen der zu treffenden Vorbereitungen bitte ich Sie, sich entsprechend beiliegendem Antwortschreiben bis spätestens 9. Juli 2012 anzumelden.

Mit freundlichen Grüßen



Vorsitzender

# **Protokoll der Mitgliederversammlung 2011**

Datum: 15.07.2011

Ort: Seminarraum V.7.41, Pfaffenwaldring 7 in Stuttgart

Anwesend: 27 Mitglieder

## **TOP 1: Begrüßung**

Um 14:00 Uhr eröffnet der Vorsitzende Hansjörg Schönherr die 17. Mitgliederversammlung und begrüßt die Anwesenden. Er stellt fest, dass die Einladung zur Mitgliederversammlung am 9. Juni 2011 versandt wurde und damit satzungsgemäß erfolgt ist.

Besonders willkommen heißt der Vorsitzende Herrn Dr. Eisele, der freundlicherweise die Entlastung des Vorstandes übernehmen wird. Ebenfalls besonders willkommen heißt er die beiden Preisträger Herrn Jiawei Yang und Herrn Ali Khosravani.

Entschuldigt fehlen die Vorstandsmitglieder Frau Heidenreich und Herr Jäger sowie der Rechnungsprüfer Herr Waldbauer.

Die Anwesenden genehmigen einstimmig, dass Herr Dr. Austen die Protokollführung stellvertretend für Frau Heidenreich übernimmt.

Der Vorsitzende gibt bekannt, dass Herr Prof. Dr.-Ing. Fichter im Anschluss an diese Versammlung dankenswerterweise das Institut für Flugmechanik und Flugregelung und dessen Arbeit vorstellen wird. Er schlägt vor, im Anschluss an diese Versammlung die Räumlichkeiten des Instituts gemeinsam aufzusuchen.

## **TOP 2: Genehmigung der Tagesordnung**

Auf Frage des Vorsitzenden wird die Tagesordnung ohne Gegenstimmen bei einer Enthaltung genehmigt.

## **TOP 3: Genehmigung des Protokolls der 16. Mitgliederversammlung vom 16.07.2010**

Das Protokoll ist im Jahresbericht 2011 abgedruckt, der den Mitgliedern rechtzeitig vor der heutigen Versammlung zugegangen ist.

Das Protokoll wird von den Anwesenden einstimmig genehmigt.

## **TOP 4: Verleihung des Vordiplompriizes 2011**

Den Vordiplompriiz 2011 erhält Herr Jiawei Yang. Der Vorsitzende gratuliert dem Preisträger, verliest die Verleihungsurkunde und übergibt diese und den dazugehörigen Scheck.

## **TOP 5: Bericht des Vorsitzenden**

Zum Mitgliederstand berichtet der Vorsitzende, dass derzeit

- 128 natürliche Personen und
- 5 juristische Personen

Mitglieder des Vereins sind. Rein zahlenmäßig gesehen, ist dies eine Steigerung gegenüber dem Vorjahr. Der Kontakt zu einem Mitglied ist weiterhin nicht möglich.

Der Vorsitzende gibt einen kurzen Bericht zu den beiden letzten Vorstandssitzungen. Themen der Vorstandssitzung vom 28.10.2010 waren u.a. der Erhalt des Freistellungsbescheids vom Finanzamt, die Neuauflage des Vereinsflyers sowie die Ernennung eines Nachfolgers für Herrn Dr. Beuchle im Prämierungsausschuss. Als Nachfolger für Herrn Dr. Beuchle wurde Herr Matthias Wengert gewählt, der nun zusammen mit den Herren Mayer-Föll und Dr. Austen dem Prämierungsausschuss angehört.

In der Vorstandssitzung am 14.04.2011 wurde u.a. die für heute geplante Satzungsänderung vorbereitet sowie über die Vergabe der Preise und Zuschüsse befunden. Mit Verweis auf Seite 9 des diesjährigen Jahresberichts stellt der Vorsitzende erfreut fest, dass der Verein nie zuvor Preisgelder und Zuschüsse in dieser Höhe gewährt hat.

Neben dem allgemeinen Dank an seine Vorstandskolleginnen und -kollegen für die gute Zusammenarbeit richtet der Vorsitzende einen besonderen Dank an Herrn Prof. Keller für die Geschäftsführung des Vereins, an Frau Feirabend für die Erstellung des Jahresberichts und an die Herren Waldbauer und Kohler für Ihre Arbeit als Rechnungsprüfer.

#### **TOP 6: Bericht des Schatzmeisters (Kassenbericht 2010)**

Herr Köpf weist auf den im Jahresbericht 2011 abgedruckten Kassenbericht 2010 hin und trägt die wesentlichen Positionen vor:

Gesamteinnahmen von 5.370,00 € stehen Gesamtausgaben von 20.584,56 € gegenüber. Der Kassenstand am 31.12.2010 betrug 2.383,24 €.

Des Weiteren gibt Herr Köpf nachrichtlich bekannt, dass sich das Sparguthaben des Vereins mit Stand 31.12.2009 auf 36.028,00 € und mit Stand 31.12.2010 auf 36.748,56 € belief.

Auf Vorschlag von Herrn Prof. Fritsch wird die Anbindung der F2GeoS-Homepage an das Institut für Photogrammetrie von den Anwesenden einstimmig genehmigt. Hierdurch lassen sich die Kosten für das Strato-Internetpaket sparen.

#### **TOP 7: Bericht der Rechnungsprüfer**

Herr Kohler berichtet, dass am 06.06.2011 im Büro von Herrn Köpf die Kasse durch die Rechnungsprüfer eingehend geprüft wurde. Die Tatsache, dass die Kontoführungskosten nun monatlich anfallen, machte die Prüfung etwas aufwändiger. Die Rechnungsprüfer empfehlen vorbehaltlos die Entlastung des Schatzmeisters.

## **TOP 8: Aussprache über die Berichte**

Es erfolgt keine Wortmeldung.

## **TOP 9: Satzungsänderung**

Der Vorsitzende erläutert zunächst den Hintergrund zur Notwendigkeit einer Satzungsänderung. Nach Vorgabe des Finanzamts Stuttgart-Körperschaften ist § 11 Abs. 2 der Vereinssatzung in der jetzigen Form zu streichen.

Im Rahmen seiner Sitzung am 14.04.2011 hat sich der Vorstand mit der Satzungsänderung befasst und sich für den zur Abstimmung stehenden Text ausgesprochen, der den Mitgliedern in der Einladung zur Mitgliederversammlung im Wortlaut bekannt gegeben worden ist.

Der Vorsitzende weist daraufhin, dass es zu einer Satzungsänderung gemäß § 8 der Vereinssatzung einer Mehrheit von drei Vierteln der anwesenden Mitglieder bedarf.

Die Anwesenden genehmigen einstimmig - ohne Gegenstimme und ohne Enthaltung - die Satzungsänderung von § 11 Abs. 2 mit folgendem Wortlaut:

Bei Auflösung oder Aufhebung des Vereins F2GeoS e.V. oder bei Wegfall dessen steuerbegünstigter Zwecke fällt das Vermögen des Vereins F2GeoS e.V. an eine juristische Person des öffentlichen Rechts oder eine andere steuerbegünstigte Körperschaft zwecks Verwendung für die Förderung von Wissenschaft und Forschung.

## **TOP 10: Entlastung des Vorstands**

Herr Dr. Eisele hat sich bereit erklärt, diese Aufgabe zu übernehmen. Er weist auf die gute Arbeit des Vorstands hin und findet lobende Worte für das erhöhte Zuschussaufkommen. Er schlägt vor, den Vorstand und die Rechnungsprüfer en bloc zu entlasten. Die Mitglieder stimmen diesem Vorschlag zu.

Die Entlastung erfolgt ohne Gegenstimmen bei Enthaltung der Betroffenen.

## **TOP 11: Beschluss über den Haushaltsplanentwurf 2012**

Der Schatzmeister stellt den Entwurf des Haushaltsplans für 2012 vor. Er enthält folgende Positionen:

### **Einnahmen**

Mitgliedsbeiträge	4.440,00 €
Spenden	300,00 €
Zinsen	720,00 €
Entnahme Festgeld	4.000,00 €
	<hr/>
Gesamteinnahmen	<b>9.460,00 €</b>

## **Ausgaben**

Große geodätische Exkursion	1.000,00 €
Integriertes Praktikum	700,00 €
Grundpraktikum	300,00 €
Zuschüsse Fachschaft	350,00 €
Zuschuss Argeos	1.000,00 €
Diplom-Preis	1.000,00 €
Vordiplom-Preis	500,00 €
Zuschuss Auslandsstudium	4.000,00 €
INTERGEO-Zuschuss	500,00 €
Konto-Abrechnung	80,00 €
Strato-Internetpaket	84,00 €
Mitteilungsblatt	300,00 €
Portokosten Einladungen + Jahresbericht	250,00 €
	<hr/>
Gesamtausgaben	<b>10.064,00 €</b>
	<hr/>
Unterdeckung	<b>604,00 €</b>

Es gibt keine Fragen zum Haushaltsplan 2012. Der Haushaltsplan 2012 wird einstimmig genehmigt.

## **TOP 12: Anträge**

Keine Anträge.

## **TOP 13: Verschiedenes**

Es erfolgen keine Wortmeldungen. Der Vorsitzende bittet den Preisträger um seinen Bericht.

## **TOP 14: Bericht der diesjährigen Preisträgerin**

Der Preisträger Herr Khosravani stellt seine Arbeit „Digital Preservation of the Hirsau Abbey by Means of HDS and Low Cost Close Range Photogrammetry“ vor.

Für das Protokoll stellte Herr Khosravani folgende Kurzfassung zur Verfügung:

„Für die Dokumentation historischer Stätten werden unter anderem Methoden der Nahbereichsphotogrammetrie und terrestrisches Laserscanning eingesetzt. Diese Diplomarbeit behandelt die fotorealistische 3D-Rekonstruktion eines Turms im Kloster Hirsau, mittels High Definition Surveying (HDS) und Nahbereichsphotogrammetrie unter Verwendung von Sensorendaten eines Smartphones. Mittels des in diesem Projekt verwendeten Smartphones lassen sich Geo-Taged-Daten (Kamera Position und Orientierung) aufzeichnen. Diese Daten wurden als externe Orientierungsparameter der Kamera verwendet und für die finale Bündelblockausgleichung verwendet. Aus klassisch photogrammetrisch generierten Punktwolken wie auch den LiDAR-Daten wurden 3D-Modelle erzeugt und miteinander verglichen. Dabei wurde festgestellt, dass die Größe der beiden Modelle nur um 3% voreinander abweicht. Dies verdeutlicht das Potential moderner Handys als Sensorsysteme für Nahbereichsphotogrammetrie.“

Zum Abschluss dankt der Vorsitzende Herrn Khosravani für seinen Vortrag und weist nochmals darauf hin, dass der Preisträger Urkunde und den dazugehörigen Scheck im Rahmen des GAERO-Festes am 22.07.2011 erhält

Die Mitgliederversammlung wird gegen 15:00 Uhr geschlossen.

Der Vorsitzende



Der Schriftführer

gez. Dr. Austen

## **Geschäftsbericht 2012**

Im Geschäftsjahr 2011/2012 wurde die wissenschaftliche Aus- und Weiterbildung im Studiengang Geodäsie und Geoinformatik der Universität Stuttgart wie folgt gefördert:

### **Zuschüsse**

Vom Vorstand wurden folgende Zuschüsse beschlossen:

- |   |           |
|---|-----------|
| 1. Grundpraktikum und Integriertes Praktikum                    | 1000.00 € |
| 2. 25th International Geodetic Student Meeting in Jaén, Spanien | 750,00 €  |
| 3. Zuschuss Intergeo  | 250,00 €  |

Die Ausbezahlung der unter den Ziffern 1 bis 3 genannten Beträge ist erfolgt.

### **Diplomp reis 2011**

Der Prämierungsausschuss entschied sich für die Auszeichnung der Diplomarbeit von Herrn Ali Kohsravi mit dem Titel:

„Digital Preservation of the Hirsau Abbey by means of HDS and Low Cost Close Range Photogrammetry“

Der F2GeoS-Diplomp reis 2011 in Höhe von 1000.- € wurde von Vorstandsfreund Roland Mayer-Föll am 22.07.2011 im Rahmen des GaErO-Festes überreicht.

### **Vordiplomp reis 2011**

Mit dem F2GeoS-Vordiplomp reis 2011 wurde Herr Jiawei Yang ausgezeichnet. Urkunde und Preisgeld in Höhe von 500.- € wurden vom Vorsitzenden Hansjörg Schönherr am 15.07.2011 während der Mitgliederversammlung überreicht.

### **Förderung von Studienaufenthalten im Ausland**

Vom Vorstand wurde beschlossen, Herrn Wenjian Qin für dessen Studienaufenthalt in Graz in Österreich einen Zuschuss in Höhe von 1000.- € zu gewähren.

## Kassenbericht 2011

Kassenstand am 31.12.2010 € **2.383,24**

### Einnahmen:

Mitgliedsbeiträge

127 Mitglieder je € 30,-  
(natürliche Personen) € 3.810,00

5 Mitglieder je € 120,-  
(juristische Personen) € 600,00

Spenden € 1.020,00

Entnahme Sparguthaben € 4000,00

---

Gesamteinnahmen € **9.430,00**

### Ausgaben:

Große geodätische Exkursion € 1.000,00

Zuschuss Intergeo € 250,00

Fachschaft Geodäsie Entwicklerforum € 500,00

Argeos-Treffen € 838,50

Bezuschussung Auslandsaufenthalt € 2.000,00

Diplompreis € 1.000,00

Vordiplompreis € 500,00

Jahresbericht 2011 € 359,69

Porto Jahresbericht und sonstiges Porto € 66,90

Kontoabrechnung und LBBW Card € 91,18

Notar Kurz Beglaubigung € 37,37

Strato – Internetpaket € 83,88

---

Gesamtausgaben € **6.727,52**

Kassenstand am 31.12.2011 € **5.085,72**

Nachrichtlich: Sparguthaben 31.12.2009 € 36028,00

Sparguthaben 31.12.2010 € 36748,56

Sparguthaben 31.12.2011 € 33396,91

gez. Köpf  
Schatzmeister

# **Verein "Freunde des Studiengangs Geodäsie und Geoinformatik der Universität Stuttgart e.V. (F2GeoS)"**

## **Satzung**

### **§ 1 Name, Sitz, Geschäftsjahr**

(1) Der Verein führt den Namen "Freunde des Studiengangs Geodäsie und Geoinformatik der Universität Stuttgart e.V. (F2GeoS)", hat seinen Sitz in Stuttgart und soll in das Vereinsregister eingetragen werden.

(2) Geschäftsjahr ist das Kalenderjahr.

### **§ 2 Zweck**

(1) Zweck des Vereins ist die Förderung der wissenschaftlichen Aus- und Weiterbildung und die fachliche Kontaktpflege mit allen Studiengängen, die von jenen Instituten der Universität Stuttgart angeboten werden, die der Geodäsie und Geoinformatik zuzurechnen sind.

(2) Der Satzungszweck wird verwirklicht indem insbesondere Fachexkursionen der Studierenden und Vorträge im Rahmen des Geodätischen Kolloquiums sowie Maßnahmen der beruflichen Fortbildung durch Bereitstellung von Mitteln unterstützt werden.

(3) Alle Leistungen des Vereins erfolgen freiwillig; ein Rechtsanspruch besteht nicht.

### **§ 3 Gemeinnützigkeit**

(1) Der Verein verfolgt ausschließlich und unmittelbar gemeinnützige Zwecke im Sinne des Abschnitts "Steuerbegünstigte Zwecke" der Abgabenordnung.

(2) Der Verein ist selbstlos tätig; er verfolgt nicht in erster Linie eigenwirtschaftliche Zwecke. Mittel des Vereins dürfen nur für die satzungsmäßigen Zwecke verwendet werden. Die Mitglieder erhalten keine Zuwendung aus Mitteln des Vereins.

(3) Es darf keine Person durch Ausgaben, die dem Zweck des Vereins fremd sind, oder durch unverhältnismäßig hohe Vergütungen begünstigt werden.

### **§ 4 Mitgliedschaft**

(1) Die Mitgliedschaft wird erworben durch Beitrittserklärung und deren Annahme durch den Vorstand. Mitglieder können alle jetzigen und ehemaligen Angehörigen der Universität Stuttgart werden, sowie Freunde und Gönner aller Studiengänge, die von jenen Instituten der Universität Stuttgart angeboten werden, die der Geodäsie und Geoinformatik zuzurechnen sind; Studierende können erst nach ihrem Abschlussexamen beitreten. Neben natürlichen steht auch für juristische Personen die Mitgliedschaft offen.

(2) Ein Aufnahmeanspruch besteht nicht.

(3) Die Mitgliedschaft verpflichtet zur Beitragszahlung.

(4) Personen können in Anerkennung ihrer außergewöhnlichen Verdienste um Organisation, Aufbau und Zweck des Vereins auf einstimmigen Beschluss des Vorstands vom Vorsitzenden zum Ehrenmitglied ernannt werden. Ehrenmitglieder haben sämtliche Mitgliederrechte, sind jedoch von der Pflicht zur Zahlung des Mitgliedsbeitrags befreit.

## **§ 5 Beendigung der Mitgliedschaft**

(1) Die Mitgliedschaft erlischt im Falle des Todes oder durch schriftliche, an den Vorstand zu richtende Austrittserklärung, auf das Ende des Kalenderjahres sowie durch Ausschluss.

(2) Aus dem Verein kann durch Beschluss des Vorstands ausgeschlossen werden, wer gegen Ziele oder Beschlüsse des Vereins verstößt oder wer mit der Zahlung von mehr als einem Jahresbeitrag im Rückstand ist. Der Ausschluss kann außerdem erfolgen, wenn ein sonstiger wichtiger Grund vorliegt.

## **§ 6 Einkünfte des Vereins**

Die Einkünfte des Vereins bestehen aus den Mitgliedsbeiträgen und freiwilligen Zuwendungen von Mitgliedern und Nichtmitgliedern sowie aus den Erträgen des Vereinsvermögens.

## **§ 7 Organe des Vereins**

Organe des Vereins sind die Mitgliederversammlung und der Vorstand.

## **§ 8 Mitgliederversammlung**

(1) Die Mitgliederversammlung tritt auf Einladung des Vorsitzenden mindestens einmal jährlich zusammen. Die Einladung hat mindestens einen Monat vorher unter Bekanntgabe der Tagesordnung durch schriftliche Benachrichtigung oder Veröffentlichung im Informationsblatt des Vereins zu erfolgen. Die Leitung der Mitgliederversammlung hat der Vorsitzende, bei seiner Verhinderung sein Stellvertreter.

(2) Der Mitgliederversammlung obliegt

die Festlegung der Richtlinien der Vereinsarbeit;

die Wahl des Vorstandes auf die Dauer von drei Jahren. Solange keine Neuwahl des Vorstandes stattgefunden hat, werden die Geschäfte vom bisherigen Vorstand durchgeführt;

die Wahl von zwei Rechnungsprüfern, die nicht dem Vorstand angehören dürfen;

die Entgegennahme der Jahresberichte des Vorsitzenden, des Schatzmeisters und der Rechnungsprüfer;

die Entlastung des Vorstandes;

der Beschluss über den Haushaltsplan;

die Festsetzung der Mitgliedsbeiträge;

der Beschluss von Satzungsänderungen.

(3) Über die Versammlung und die gefassten Beschlüsse ist vom Schriftführer eine Niederschrift zu fertigen, die von ihm und einem weiteren Vorstandsmitglied zu unterzeichnen ist.

(4) Die Beschlüsse der Mitgliederversammlung werden mit einfacher Stimmenmehrheit gefasst; bei Stimmengleichheit entscheidet die Stimme des Vorsitzenden. Bei Wahlen entscheidet bei Stimmengleichheit das Los. Zur Änderung der Satzung und zur Auflösung des Vereins bedarf es einer Mehrheit von drei Vierteln der anwesenden Mitglieder.

(5) Eine außerordentliche Mitgliederversammlung kann in derselben Form vom Vorstand einberufen werden. Eine solche muss innerhalb von drei Monaten einberufen werden, wenn die Mehrheit des Vorstandes oder mindestens ein Drittel der Mitglieder des Vereins unter Angabe des Grundes dies beantragen.

(6) Jede ordnungsgemäß einberufene Mitgliederversammlung ist unabhängig von der Zahl der anwesenden Mitglieder beschlussfähig.

## **§ 9 Vorstand**

(1) Der Vorstand besteht aus

dem Vorsitzenden,  
dem stellvertretenden Vorsitzenden,  
dem Schatzmeister,  
dem Schriftführer,  
mindestens drei, höchstens sechs Beisitzern.

(2) Hauptberuflich Beschäftigte der Universität Stuttgart dürfen nicht dem Vorstand angehören.

(3) Der Vorstand beschließt über alle Angelegenheiten des Vereins, soweit nicht die Mitgliederversammlung zuständig ist. Ihm obliegt die Leitung des Vereins; er überwacht den Vollzug der Beschlüsse.

(4) Der Vorstand verwaltet das Vermögen des Vereins.

(5) Der Vorstand ist beschlussfähig, wenn mindestens drei Mitglieder, darunter der Vorsitzende oder im Falle seiner Verhinderung sein Stellvertreter, anwesend sind. Bei Stimmgleichheit entscheidet die Stimme des Vorsitzenden. Eine Befragung der Vorstandsmitglieder auf schriftlichem oder telefonischem Wege ist zulässig.

(6) Der Vorstand beschließt über die Anträge auf Zuwendungen an die Institute, an die Fachschaft und an einzelne Studierende der Studiengänge, die von jenen Instituten der Universität Stuttgart angeboten werden, die der Geodäsie und Geoinformatik zuzurechnen sind.

(7) Der Vorstand im Sinne des § 26 BGB besteht aus dem Vorsitzenden und dem stellvertretenden Vorsitzenden. Sie vertreten den Verein - je einzeln - gerichtlich und außergerichtlich.

### **§ 10 Geschäftsführer**

Der Vorstand bestellt zur Wahrnehmung der täglichen Geschäfte einen Geschäftsführer. Dieser kann der Universität Stuttgart angehören.

### **§ 11 Auflösung des Vereins**

(1) Der Verein kann durch die Mitgliederversammlung nach den Bestimmungen des § 8, Abs. 4 aufgelöst werden.

(2) Bei Auflösung oder Aufhebung des Vereins F2GeoS e.V. oder bei Wegfall dessen steuerbegünstigter Zwecke fällt das Vermögen des Vereins F2GeoS e.V. an eine juristische Person des öffentlichen Rechts oder eine andere steuerbegünstigte Körperschaft zwecks Verwendung für die Förderung von Wissenschaft und Forschung.

### **§ 12 Ermächtigung des Vorstands**

Der Vorstand wird ermächtigt, eventuell vom Registergericht oder Finanzamt beanstandete Satzungsbestandteile abzuändern.

---

Die Satzung wurde in dieser Form während der Mitgliederversammlung am 15.07.2011 von den anwesenden Mitgliedern beschlossen und ist vom Amtsgericht Stuttgart - Registergericht - unter der Registernummer VR 5670 in das Vereinsregister eingetragen.

# **Integriertes Praktikum 2011: Planung und Messung einer Wasserleitung**

Aufgabe des Integrierten Praktikums 2011 war die Planung und Messung einer fiktiven zweiten Wasserleitung für das Pumpspeicherkraftwerk Glems am Albtrauf zwischen Eningen unter Achalm und Metzingen. Hauptaufgaben dieses Vorhabens waren die Absteckung der neuen Kraftwerksgebäude in der Nähe des bestehenden Kraftwerks sowie auf der Albhochfläche und die Festlegung und Vermarkung der Staudamm- und Staubeckennetze. Um dies zu realisieren, musste jedoch eine größere Anzahl an planerischen und messtechnischen Vorarbeiten durchgeführt werden.

Das Projekt wurde deshalb in insgesamt 15 Arbeitspakete unterteilt, in denen die Studierenden in Gruppenarbeit mit Studierenden des englischsprachigen Master-Studiengangs Geomatics Engineering die Mess- und Planungsaufgaben im Vorfeld des integrierten Praktikums vorbereiteten.

Als Grundlage für alle folgenden Aufgaben dienten die Arbeitspakete WP 1 (Photogrammetrische Ableitung von DGM und Orthophoto), WP 2 (Dreidimensionales Grundlagennetz) und WP 3 (Schwerebezogenes Höhennetz mittels Nivellement und Gravimetrie). Um die Höhenmessungen am Albtrauf mit seiner 200 - 300 m hohen Geländestufe zu bewältigen, wurden die beiden Nivellements Schleifen durch eine trigonometrische Höhenübertragung verbunden.

Die beiden Arbeitspakete WP 5 (Einmessung des GPS-/Inertialsystems im Fahrzeug) sowie WP 6 (Kinematische Aufnahme mittels GPS-/Inertialsystem) dienten der Erfassung von möglichen Zufahrtswegen im Bereich des Bauvorhabens. Die Ergebnisse der kinematischen Routenerfassung aber auch der Evaluierung des in WP 1 generierten Digitalen Geländemodells.

Mit Hilfe der Arbeitspakete WP 7 (Vermarkung und Ausgleichung der Staudamm- und Staubeckennetze), WP 8 (Tachymetrische Geländeaufnahme) und WP 9 (Berechnung der Wasserleitung), wurde die Korrektheit der vorangegangenen Arbeitspakete in der Örtlichkeit überprüft, wodurch letztendlich auf eine erfolgreiche Planung geschlossen werden konnte.

Zur Prozessierung und Visualisierung der Ergebnisse aller Arbeitspakete, nahbereichsphotogrammetrische Anwendungen in den Arbeitspaketen WP 13 und WP 14 miteingeschlossen, wurde das Arbeitspaket WP 10 (GIS als Planungs-, Analyse- und Visualisierungstool) eingerichtet. Dabei wurde die Programmumgebung „ArcGIS“ der Firma ESRI verwendet.

Zur Kontrolle möglicher negativer Änderungen an Gebäuden und Staudämmen kamen die Arbeitspakete WP 13 (Gebäudeaufnahme mittels terrestrischer Photogrammetrie) und WP 14 (Gebäude- und Staudammüberwachung mittels terrestrischem Laserscanning) zur Anwendung. Zur Bereitstellung geeigneter Gerätestandpunkte des Laserscanners und geeigneter Passpunkte für die photogrammetrische Gebäudeaufnahme wurden zuvor die Arbeitspakete WP 11 (Verdichtung des Grundlagennetzes mittels GPS-RTK) und WP 12 (Tachymetrische Punktbestimmung) durchgeführt.

Basis aller Planungs- und Messaufgaben, sowie Unterkunft der Studierenden war das Naturfreundehaus „Am Lindenplatz“ in Eningen unter Achalm.

## **WP 1 – Photogrammetrische Ableitung von Orthophoto und digitalem Geländemodell**

Bearbeiter: Guanchen Yang  
Betreuer: M. Cramer (ifp)

### **Orthophoto**

Die 15 Orthophotos, die wir für diese Übung verwendet haben, wurden vom Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg (LGL-BW) bereitgestellt. Alle Bilder sind als analoge Bilder mit einer RMK-Kamera aufgenommen und wurden gescannt.

### **Digitales Geländemodell**

Daten des DGMs wurden über Airborne Laser Scanning erzeugt. Laser-Scanning-Daten werden ebenso vom LGL-BW bezogen.

### **Ortophotogenerierung**

Nachdem wir unsere 15 Orthophotos generiert haben, müssen wir sie kombinieren und sie zusammen zu einem Orthophoto verbinden. Um dieses Ziel zu erreichen, müssen wir eine andere Software verwenden, nämlich "OrthoVista".

Durch alle die oben genannten Schritte, bekommen wir schlussendlich unsere Orthophotos im Format tif mit einer Auflösung von 0,3 [m].

### **Natural Point for Measuring**

Während der integrierten Feldarbeiten, wurden viele Punkte gemessen. WP 6, WP 8 erzeugen eine Menge Messungen. Die Auswahl natürlicher Punkte ist für die Überprüfung der Qualität der Orthophotos wichtig. Wir bereiten die Punkte in einer Liste auf, die den gesamten Arbeitsbereich abdeckt. Alle Punkte werden auf dem Foto im Koordinatensystem mit Beschreibung markiert und die Lage der Punkte wird in der Tabelle angegeben.

## **WP 2 – Dreidimensionales Grundlagennetz**

Bearbeiter: Jiawei Yang  
Betreuer: W. Keller (GI)

Der Hauptzweck von unserem Arbeitspaket ist die Fertigstellung eines Grundnetzes. Viele andere Arbeitspakete brauchen Koordinaten im Rauenberg - System (lokales Gauß-Krüger-System). Die gegebenen Koordinaten sind aber in Bezug auf das WGS 84 - System.

Aus diesem Grund müssen wir die Transformationsparameter zwischen den beiden Systemen mit Hilfe von einigen identischen Punkten (in unserem Fall 6 Punkten) in beiden Systemen bestimmen, indem wir die statischen GPS-Messungen von den identischen Punkten durchführen.

Vor den Messungen muss man das Netzdesign und den Sessionplan erledigen. Dazu braucht man das Abschattungsdiagramm von den Punkten. Deshalb haben wir vor der Feldarbeit die Abschattungen von den Punkten einmal grob gemessen. Danach haben wir mit Hilfe von Leica „GeoOffice“ den Sessionplan erstellt.

Die Feldarbeit ist eigentlich nicht schwer. Man führt einfach die statischen GPS-Messungen nach dem Sessionplan durch und jeder identische Punkt muss am Beobachtungstag mindestens 3 Mal beobachtet werden.

Nach der Feldarbeit werden alle gemessenen Daten in den Computer übertragen. Die Auswertungen werden mit Hilfe von Leica „GeoOffice“ erledigt. Nachdem alle Daten richtig bearbeitet wurden, kann man dann die gesuchten Transformationsparameter und die Koordinaten von den identischen Punkten in Bezug zu verschiedenen Systemen erhalten.

Aus den Ergebnissen kann man sehen, dass die Standardabweichungen von den statischen GPS-Messungen im mm-Bereich liegen. Wegen der Fehlerfortpflanzung liegen die Standardabweichungen nach der Transformation im cm-Bereich. Solche Ergebnisse kann man akzeptieren.



*Abb. 1: TP14 - Flugplatz Roßfeld*

## WP 3a – Höhennetz – Nivellement

Bearbeiter: Zican Ye

Betreuer: M. Metzner (IIGS)

Die Höhenunterschiede zwischen S1 und E1 sowie S2 und E2 wurden mithilfe des digitalen Nivellements ermittelt, um weiter den Höhenunterschied zwischen S1 und S2 (kombiniert mit den Ergebnissen von WP 4) zu bestimmen.

### Arbeitsablauf:

1. Weil die Arbeit unmöglich an einem Tag zu schaffen ist, wird die zu messende Strecke in einige kurze Stücke geteilt, wie es in der Kartenübersicht steht. Somit kann jede Gruppe für ihren Teil verantwortlich sein.
2. Bei der Messung wird die „rote Hose“ Methode verwendet, wofür das Modell „aRVVR“ in dem Instrument vorher eingestellt wird.
3. Die Bearbeitung der rohen Messdaten erfolgt mit Leica „GeoOffice“

### Beurteilung:

Die Genauigkeiten der Ergebnisse von allen Gruppen liegen unter 1 mm, mit einer Entfernung von 100 m bis 200 m. Es ist grundsätzlich akzeptierbar. Aber im allgemein sollen die Ergebnisse in Zusammenhang mit der Entfernung zwischen dem zu messenden Punkten stehen. Dies ist nicht der Fall bei der Matlab-Visualisierung. Der Grund dafür kann sehr unterschiedlich sein, wenn die Fehlerquelle und die Behandlungen von verschiedenen Gruppen betrachtet werden.



Abb. 2: Nivellement

## WP 3b – Höhennetz – Gravimetrie

Bearbeiter: Benjamin Efinger

Betreuer: T. Reubelt (GI)

Die Aufgabe des 2. Teils des Arbeitspaketes 3 war es, die Schwere an bestimmten Punkten mittels eines Gravimeters zu bestimmen.

Dabei musste jede Gruppe ihre eigenen Messungen durchführen, aus denen schließlich ein Mittelwert der Schwere an allen Messpunkten gebildet werden konnte.

Die Messungen liefen in der Regel immer gleich ab. Zuerst wurde auf einem Schwerefestpunkt 3 Mal gemessen, anschließend wurden die Punkte vorwärts und rückwärts wieder je 3 Mal gemessen, sodass jeder Punkt 2 Mal aufgenommen wurde. Eine weitere Messung auf demselben Schwerefestpunkt schloss die Messung ab.

So konnten mithilfe der Höhenunterschiede aus Teil a die Höhenkorrekturen bestimmt werden und daraus die resultierenden Höhen.

Letztendlich kann aus den Arbeitspaketen 3 und 4 das Höhenprofil der kompletten Schleife im Messgebiet vervollständigt werden.



Abb. 3: Schweremessung mit Scintrex CG-5 Autograv

## WP 4 – Trigonometrische Höhenübertragung

Bearbeiter: Matthias Schmidt  
Betreuerin: B. Zheng (IIGS)

Um die Höhen der zwei Nivellierschleifen zu verbinden, wurde im Rahmen des Integrierten Praktikums eine Trigonometrische Höhenübertragung durchgeführt. Dies war nötig, da zwischen beiden Schleifen ein Höhenunterschied von ca. 260 Meter bestand. Die Höhenübertragung fand unter einer Hochspannungsleitung statt, da dies der einzige Platz war, wo im sonst bewaldeten Gebiet, Sichtverbindung zwischen beiden Schleifen gewährleistet war. Die hierfür verwendeten Instrumente waren ein Leica TS30 und ein Leica 1201.

Um die atmosphärischen Einflüsse zu eliminieren wurden die Strecken und Winkel auf großer Distanz beidseitig gleichzeitig gemessen. Bei der Umsetzung reichten zwei Instrumentenstandpunkte aus. Wendepunkte wurden nicht benötigt.

Der komplette Messvorgang wurde von sieben Gruppen unabhängig voneinander gemessen. Fünf Gruppen lieferten annehmbare Ergebnisse.

Die ersten fünf wurden zur letztendlichen Berechnung des Höhenunterschieds von 261.8448 Metern mit einer Standardabweichung der Einzelmessung von 1.66 mm und der Standardabweichung des Mittelwerts von 0.74 mm verwendet.



Abb. 4: Trigonometrische Höhenübertragung am oberen Anschlusspunkt E1

## WP 5 – Einmessung des GPS-/Inertialsystems im Fahrzeug

Bearbeiter: Matthias Gaube, Jan Schilling, Andreas Weimer  
Betreuer: X. Fang (INS), B. Schäfer (INS), A. Cefalu (ifp)

Ziel des Arbeitspaketes 5 war es, mit Hilfe von Tachymetrie und Photogrammetrie Hebelarme der einzelnen Komponenten des Navigationssystems (zwei GPS Antennen, Inertialmesseinheit (IMU), Drehzahlmesser (DMI)) zu bestimmen. Diese Daten waren erforderlich, um das Messfahrzeug für ein inertiales Navigationssystem (Arbeitspaket 6) zu kalibrieren. Dazu wurde für das Messfahrzeug ein eigenes Koordinatensystem aufgebaut, das den Ursprung am hinteren linken Rad hatte, weshalb an die gemessenen Hebelarme einige Korrekturen angebracht werden mussten.

Die Vorgabe war, dass alle Sensorkomponenten in ihren Koordinaten eine Genauigkeit von besser als 1 cm erreichen sollen.

Die tachymetrische Punktbestimmung wurde klassisch mit Reflektoren auf den Neupunkten (Sensorkomponenten) durchgeführt und es gab 5 Aufstellungsstandorte, die um das Auto herum verteilt waren. Die Auswertung erfolgte mit der Software „Leica GeoOffice“.

Bei der photogrammetrischen Vermessung wurden 8 Bilder in einem Abstand von circa 10-15 m um das Fahrzeug herum in einer etwas niedrigeren Höhe aufgenommen und 8 weitere Bilder wurden in einer höheren Ebene aufgenommen. Auf den Neupunkten (IMU) steckten nun kleine weiße Styroporkügelchen um nachher mit dem Programm „Australis“ eine gute Pixelmessung durchführen zu können.



Abb. 5: WP 5 - Photogrammetrie



Abb. 6: WP 5 - Tachymetrische Messung

## WP 6 – Kinematische Aufnahme mittels GPS-/Inertialsystem

Bearbeiter: Benjamin Fritsch

Betreuer: X. Fang (INS), B. Schäfer (INS)

Das Arbeitspaket 6 des integrierten Praktikums 2011 beschäftigte sich mit der kinematischen Vermessung der Zufahrtswege. Diese sollten im Hinblick auf die spätere Nutzbarkeit in der Bauphase ermittelt werden, um mit diesen Daten ebenfalls die bauliche Planung und Durchführung unterstützen zu können.

Für die Durchführung der Aufgabe wurde das „Applanix POS LV (position and orientation system for land vehicles)“ bereitgestellt. Dieses System besteht aus zwei GPS-Antennen, einer inertialen Messeinheit, einem Distanzmesser und dem prozessierenden Computer System.

Diese Geräte konnten an dem vom Institut bereitgestellten Fahrzeug mit den zur Verfügung stehenden Daten des fünften Arbeitspakets installiert werden. Der letzte Schritt der Vorbereitung bestand aus dem Auswählen geeigneter Routen für die jeweiligen Gruppen unter Berücksichtigung der Nützlichkeit der Daten, sowie der zur Erfassung benötigten Zeit. Bereits am zweiten Tag des integrierten Praktikums wurde mit der Aufnahme der Straßen begonnen. Hierbei wurde es im Laufe der zwei Wochen jeder Gruppe ermöglicht, in einer Tageshälfte die Aufnahme durchzuführen und diese in der zweiten Tageshälfte auszuwerten. Durch die sieben anwesenden Gruppen konnte somit das gesamte Gebiet gut erfasst werden.

Die Zusammenführung der Ergebnisse erfolgte für die bestmögliche Anschauung in „ArcGIS“. Die Messergebnisse der zwei Wochen lassen sich allerdings nicht generalisieren, da sich jede Messfahrt von den Anderen natürlich sowohl durch die unterschiedliche Dauer als auch durch die unterschiedlichen Durchführungsorte unterscheidet. Dennoch kann gesagt werden, dass Genauigkeiten in den Lagekoordinaten von 10 bis 15 Zentimetern und in der Höhe von 20 bis 30 Zentimetern erreicht wurden. Als abschließendes Anschauungsbeispiel folgt die Darstellung einer Messfahrt in „ArcGIS“ unter Zuhilfenahme des Luftbildes und des digitalen Oberflächenmodells.



Abb. 7: Aufbau der Basisstation

## WP 7 – Vermarkung und Ausgleichung der Staudamm- und Stauseenetze

Bearbeiter: Le Ren

Betreuerin: B. Zheng (IIGS)

Die WP 2 und WP 3 haben schon ein Netzwerk generiert. Das Netzwerk ist die Basis für die Messung der Passpunkte und die Schätzung der entsprechenden Koordinaten. Das Ziel unseres WP ist die Generierung eines dichten und akkuraten Passpunktenetzwerks in der Nähe des Staudammbereichs und des Staubeckens. Sie ist die Basis für die Durchführung des Aufbaus der Wasserleitung.

Der erste Schritt ist die Vermarkung. Jedes Netzwerk soll 5 Passpunkte beinhalten. Die Studenten von WP 2 haben 2 Punkte in beiden Netzwerken mit GPS für uns gemessen. Wir müssen noch 3 Punkte suchen und vermarken. Das ist der schwierigste Teil von unserem WP, weil die 5 Punkte 3 Prinzipien erfüllen sollen. Die Entfernungen zwischen beiden Punkten sollen zwischen 500 m und 1 km liegen. Wenn wir bei einem Punkt stehen, sollen wir auch die anderen Punkte sehen und wir müssen uns noch die Konfiguration des Netzes überlegen.

Nach der Erkundung und Vermarkung können wir anfangen zu messen. Nach Abschluss auf einem Punkt bewegen wir den Tachymeter zum nächsten Punkt. Wir messen mit Zwangszentrierung und wechseln nur die Reflektoren mit dem Tachymeter. Dann wiederholen wir die Messung bis wir auf allen Punkten gemessen haben.

Der dritte Schritt ist die Netzausgleichung. Wir brauchen nicht selbst die Ausgleichung zu rechnen. Wir können die Ausgleichung mit dem Programm „JAG3D“ machen. Mit Hilfe des Programmes können wir einfach und schnell die Koordinaten der Passpunkte im lokalen System ausrechnen.

Die Koordinaten, die das Programm berechnet, sind im lokalen System. Um die Gauß-Krüger-Koordinaten zu bekommen, muss noch eine 2D-Transformation durchgeführt werden.



Abb. 8: Vermarkung der Netzpunkte

## WP 8 – Tachymetrische Geländeaufnahme

Bearbeiterin: Stephanie Kauker  
Betreuer: M. Metzner (IIGS)

Das Ziel dieses Arbeitspaketes bestand darin, in den Gebieten des Zulaufes für die Wasserleitung und des Staubeckens jegliche Hindernisse wie Zufahrtsstraßen, Gebäude, Strommasten, Bäume etc. mit Hilfe tachymetrischer Methoden aufzunehmen. Die Koordinaten der Anschlusspunkte für die freie Stationierung ergaben sich aus den Berechnungen des Arbeitspaketes 7.

Für die Aufnahme waren Anschlusspunkte in beiden Gebieten notwendig. Diese wurden vom Arbeitspaket 7 auf Grundlage des GPS-Portalnetzes (AP2) berechnet.

Nach der freien Stationierung zu jeweils drei Anschlusspunkten erfolgte die Aufnahme der Zufahrtsstraßen, des Waldrandes, des Strommasten sowie weiteren Hindernissen, die für die Berechnung des Staubeckens notwendig waren.

Zur Kontrolle der Messungen und als Möglichkeit einer Genauigkeitsangabe wurden während der Aufnahme wiederholt Anschlusspunkte gemessen und mit den Soll-Koordinaten, die von Arbeitspaket 7 übermittelt wurden, verglichen.

Dieses Arbeitspaket wurde von zwei Gruppen an zwei unterschiedlichen Tagen ausgeführt.

Während der Messungen ergaben sich bei beiden Gruppen keinerlei Schwierigkeiten. Aus diesem Grund wurden alle Ergebnisse an Arbeitspaket 9 zur Berechnung des Verlaufes der Wasserleitung und der Lage des Staubeckens übergeben. Außerdem wurden die Daten an Arbeitspaket 10 weitergeleitet, um die Ergebnisse in „ArcGIS“ zu verarbeiten.



Abb. 9: Reflektorhorizontierung und -zentrierung

## **WP 9 – Berechnung der Wasserleitung und Gebäudeabsteckung**

Bearbeiter: Jisheng Zhang  
Betreuer: B. Zheng (IIGS)

Um die Wasserleitung abzustecken, muss man die Koordinaten der entsprechenden Kleinpunkte berechnen.  
Die Überwachungsgebäude sind auch in den geeigneten Lagen abzustecken.

### **Berechnung**

Um die Wasserleitung zu planen, braucht man die Punkte, die von WP 8 aufgenommen sind (dunkle Kreise). Man wählt davon 2 geeignete Punkte aus und verbindet sie, damit eine Gerade (helle Linie) erzeugt wird. Diese Linie ist dann die Wasserleitung. Mit der Software „GEOgraf CAD“ kann man die Koordinaten der Kleinpunkte auf der Linie berechnen. Hier wird ein Kleinpunkt alle 5 Meter berechnet. Gleichzeitig kann man die 4 Eckpunkte für jedes Überwachungsgebäude neben der Wasserleitung bestimmen (helle Kreise).

### **Absteckung**

Von WP 2 & 7 bekommt man die Festpunkte (schwarz).  
Bei der Wasserleitung wurde der Tachymeter Leica 407 verwendet und mit den Festpunkten eine freie Stationierung gemessen, damit man die berechneten Punkte auf der Wasserleitung abstecken konnte.  
Bei den Überwachungsgebäuden benutzt man das „GPS-RTK“. Eine Referenzstation wird auf einem Festpunkt mit höchster Genauigkeit aufgestellt.

### **Aufnahme**

Nach der Absteckung wurden alle abgesteckten Punkte zur Kontrolle wieder aufgenommen.



Abb. 10: Geplante Wasserleitung

## WP 10 – GIS als Planungs-, Analyse und Visualisierungstool

Bearbeiter: Minwei Tang

Betreuer: N. Haala (ifp)

Die Aufgabe der WP 10 ist die Datenverarbeitung und Darstellung der Ergebnisse mittels „ArcGIS“. Die Messdaten aller Gruppen sind in „ArcGIS“ zu laden und zu bearbeiten.

Die dunklen Dreiecke sind statische mit GPS gemessene Punkte, die dunklen Kreise sind tachymetrisch bestimmte Punkte. Sie befinden sich auf der richtigen Lage und stimmen miteinander überein.

Die kinematischen Messungen sind auch in „ArcGIS“ eingefügt und analysiert. Es ist zu beachten, dass die Route auf der ‚Straße‘ liegt.

Die Genauigkeiten sind auch in „ArcGIS“ zu berücksichtigen und zu visualisieren. Hier wurden Höhengenaugigkeiten durch Vergleich mit dem DGM herangezogen.

Die Höhe der Balken bezieht sich auf die Genauigkeit in Vertikalrichtung, die Farben ergeben sich durch Lagegenauigkeit (grün: optimal; rot: schlecht).

Es ist zu beachten, dass die Punktwolke mit dem Relief der Oberfläche übereinstimmt. Hier wird das DGM als topographische Ausgangsdaten angenommen.

Nahbereichsphotogrammetrische Aufnahmen sind auch in „ArcGIS“ einzufügen und darzustellen. Um die Lagerichtigkeit zu prüfen, wurden die grünen Passpunkte vorher gemessen und geladen.



*Abb. 11: Passpunkte am EnBW-Gerätehaus*

## **WP 11 – Verdichtung des Grundlagentznetzes mittels GPS-RTK**

Bearbeiter: Luis Diemer  
Betreuer: R. Schlesinger (GI)

Ziel des Arbeitspaketes WP 11 war es, das durch statische GPS Beobachtungen gemessene Grundlagentznetz mit Hilfe von RTK Messungen weiter zu verdichten. Diese Verdichtungspunkte wurden von 3 weiteren Arbeitspaketen benötigt.

Zum einen benötigte WP 12 das verdichtete Netz am unteren Reservoir um eine freie Stationierung für die tachymetrische Aufnahme einer Lagerhalle der ENBW zu realisieren und zum anderen auf der Dammseite des Reservoirs um Festpunkte für das WP 14 bereitzustellen. Allerdings benutzte WP 14, welche sowohl die Lagerhalle als auch den Damm, scannte, ebenso Punkte, welche mit RTK eingemessen wurden als auch tachymetrisch aufgenommene Punkte zur Georeferenzierung ihrer Laserpunktwolken.

Die zu messenden Punkte wurden im Vorfeld markiert um eine gute Geometrie und freie Sicht für die tachymetrische Aufnahme zu garantieren.

Für die Evaluierung des Orthophotos benötigte WP 1 ebenfalls im Bereich des Orthophotos gut verteilte RTK Punkte. Hierfür wurden im Vorfeld in Absprache mit den Zuständigen des Arbeitspaketes 3 Zonen ausgewählt, welche in der Nähe von Punkten des Grundlagentznetzes lagen.



*Abb. 12: Testen der Geräteeinstellungen*

## **WP 12 – Verdichtung des Grundlagnetzes mittels tachymetrischer Punktbestimmung**

Bearbeiterin: Mo Fang  
 Betreuerin: B. Zheng (IIGS)

Bei WP 12 müssen die Koordinaten der Passpunkte für WP 13 und WP 14 bestimmt werden.

Um die Passpunkte für WP 13 und WP 14 zu bestimmen, erhalten wir die Kontrollpunkte von WP 11 für die freie Stationierung.

Für WP 13 haben wir insgesamt 16 Passpunkte auf den Fassaden gemessen. D.h. auf jeder Wand wurden 4 Punkte gemessen. Dafür haben wir 2 freie Stationierungen durchgeführt.

Für WP 14 (Laserscanning) haben wir 4 Passpunkte bestimmt. WP 11 hat uns drei Kontrollpunkte angeboten. Wir haben nur eine freie Stationierung durchgeführt.

Für WP 12 sind Tachymeter und Computer notwendig.

Dabei standen uns zwei Arten von Tachymeter zur Verfügung. Ein Leica TCR 307 bzw. ein Leica TCR 403. Bei einer Winkelmessung ist die Standardabweichung des Leica TCR 307 und Leica TCR 403 jeweils 7" (2 mgon) bzw. 3" (1 mgon).

Für die freie Stationierung wurden Feldrechner, mit der Software „GeoSamos“ verwendet. Mit Hilfe von „GeoSamos“ kann man sowohl die Koordinaten der Passpunkte als auch die Koordinaten des Standpunkts bestimmen. Obwohl das Handbuch von „GeoSamos“ vorhanden war, mussten die Gruppen am Vorabend die Verbindung zwischen Tachymeter und Pandora überprüfen.

Die Genauigkeit der Koordinaten wird nicht durch „GeoSamos“ ermittelt. Aber die Standardabweichung der Winkelmessung ist im Handbuch der Tachymeter vorgegeben. Die Distanzen zwischen den Reflektoren und dem Tachymeter wurden gemessen und im Protokoll von „GeoSamos“ aufgezeichnet.

Die Genauigkeiten betrachtend fiel auf, dass die Koordinaten für WP 14 schlechtere Werte als für WP 13 aufwiesen.



Abb. 13: Punktabsteckung mit GeoSamos

## **WP 14 – Gelände-/Gebäudeaufnahme mittels terrestrischem Laserscanning**

Bearbeiter: Anna Nehačik

Betreuer: K. Wenzel (ifp)

Das Ziel dieses Arbeitspakets war die Aufnahme des Staudamms mithilfe des terrestrischen Laserscanners Leica HDS 3000.

Zur Aufnahme des Damms wurden Scans von zwei verschiedenen Standpunkten durchgeführt. Hierdurch wurden Lücken im terrestrischen Laserdatensatz vermieden. Für die Modelle wurden jeweils zwei Punktwolken aufgenommen. Der erste Scan wurde jeweils vormittags von einer ersten Gruppe aufgenommen, der zweite von einer weiteren Gruppe am Nachmittag. Zur Registrierung und Georeferenzierung der Punktwolken war die zusätzliche Aufnahme von Verknüpfungspunkten und Passpunkten notwendig.

Für die Georeferenzierung wurden magnetische Zielmarken, für die Registrierung sphärische Zielmarken verwendet. Die Koordinaten der Punkte (KP) für die Georeferenzierung wurden im Arbeitspaket 12 bestimmt. Durch das Wissen über die Koordinaten ist es möglich, die aufgenommenen Punktwolken mit anderen georeferenzierten Datensätzen zu überlagern und zu vergleichen. Die Ergebnisse liegen bis auf den KP05 in einem guten Bereich. Vermutlich wurde der Reflektor an diesem Punkt versetzt.

Bei der Dammaufnahme waren die Standorte zur Aufstellung des Laserscanners schwer erreichbar. Zu weiteren Übungszwecken wurde deshalb auch ein Gebäude der EnBW gescannt. Diese Übung hat detailgetreue, aussagekräftige Aufnahmen ermöglicht.



*Abb. 14: Laserscanning – Staudamm*

## **Schlusswort**

Trotz einiger kleiner Probleme, wie etwa Missverständnissen in der Interpretation der von den Studierenden des GEOENGINE-Studiengangs erarbeiteten Gebrauchsanweisungen der Messinstrumente sowie geringen Messfehlern konnte das Lernziel des diesjährigen Integrierten Praktikums mit Erfolg erreicht werden.

Zu diesem Erfolg trug zudem der große Gemeinschaftsaspekt dieser Lehrveranstaltung bei. Auf Grund der gemeinsam verbrachten zwei Wochen war ein großer Anteil an Teamarbeit erforderlich, der neben dem fachlichen Wissen auch soziale Kompetenz für spätere Aufgaben mit sich bringt.

Durch die Zusammenarbeit mit den Studierenden des englischsprachigen GEOENGINE-Studiengangs konnten außerdem sprachliche Fähigkeiten verbessert und neue Kulturen kennengelernt werden.

Abschließend möchten wir allen unseren Betreuern für ihr fachliche Unterstützung danken. Besonderer Dank gilt den beiden hauptverantwortlichen Betreuern Bimin Zheng und Martin Metzner, die für eine gelungene Organisation gesorgt haben.



*Abb. 15: Gruppenbild*

# Große geodätische Exkursion 2011

Göttingen – Braunschweig – Potsdam – Bremen

## Göttingen

Die erste Stadt, die wir auf unserer einwöchigen Exkursion besichtigen durften, war Göttingen. Dort durften wir an einer Führung teilnehmen, die uns vor allem mit den ehemaligen Persönlichkeiten der Stadt vertraut machte. Eine davon war für uns Geodäsie-Studenten natürlich von besonderem Interesse – Carl Friedrich Gauß. Nach seinem Studium in Helmstedt wechselte er als Professor der Astronomie nach Göttingen, allerdings hatte er zu der Zeit die meisten seiner mathematischen Geniestreiche bereits veröffentlicht. So erfand er die Methode der kleinsten Quadrate bereits im Alter von 18 Jahren. Die Führung führte uns an der damaligen Universität, Gauß' Wohnhaus, seiner Grabstätte sowie den Standorten der alten und neuen Sternwarte vorbei, in der Gauß bis zum Ende seines Lebens tätig gewesen war.



Abbildung 1: Universitätskarzer Göttingen



Abbildung 2: Göttinger Rathaus

## Braunschweig

Der 2. Tag der Großen Exkursion führte uns an die PTB, die Physikalisch-Technische Bundesanstalt, in der Nähe von Braunschweig. Nach der Ankunft auf dem Gelände der Bundesanstalt begann das Programm mit einem kurzen Vortrag über die 7 SI-Einheiten. Die SI-Einheit Zeit, genau genommen die Weltzeit UTC (Universal Time Coordinated) wird am PTB über ein Cäsium-Atomuhr bestimmt. Diese Zeit bildet die gesetzliche Zeit in Deutschland, aus ihr werden die MEZ und die MESZ hergeleitet.



Abbildung 3

Nach einem kurzen Fußmarsch über einen kleinen Teil des Geländes, demonstrierte uns ein Mitarbeiter einen Ausblick über die aktuelle Forschung am PTB.

Dabei ging es in erster Linie um die Atomuhren der nächsten Generation, die nicht mehr auf einer Referenzfrequenz im Mikrowellenbereich wie bei einer Cäsium-Atomuhr beruht, sondern im Bereich des sichtbaren Lichts.

Diese „optischen Uhren“ sollen weitaus genauer sein. Ein weiterer Teil der Forschung ist die zukünftige Übertragungsmöglichkeit der gesetzlichen Zeit. Bisher waren dafür Langwellensender und Satellitenübertragungsverfahren im Einsatz. Ein anderer Teil der Forschung basiert auf einer Standleitung zwischen Braunschweig und München(?). Dabei werden Unterschiede in den Uhren gemessen und aus diesen kann das vorliegende Potential bestimmt werden und daraus auch die Höhenunterschiede.

Nach dieser Demonstration über mögliche zukünftige Realisierungen der Zeit, wurde uns im Keller eines weiteren Gebäudes des PTB eine ca. 50 Meter lange Messbahn vorgeführt. Diese dient u.a. zur Kalibrierung von Messwerkzeug und arbeitet mit Interferometrie.

Vor der letzten Demonstration erklärte uns ein weiterer Mitarbeiter des PTB einige Fakten über die Zeitmessung und demonstrierte uns das Prinzip der Atomuhr. Dabei wird aus periodischen Schwingen des Cäsiumatoms die Länge der Sekunde hergeleitet. Über dem Zugang zum Atomuhrenraum hingen 3 Uhren, die die Unterschiede zwischen den verschiedenen Zeitsysteme (TAI, UTC, MEZ) deutlich machten.

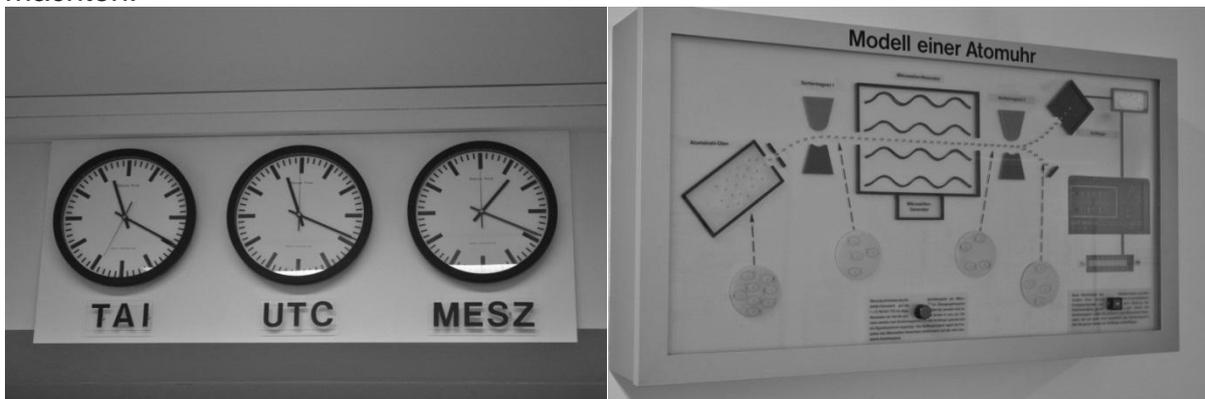
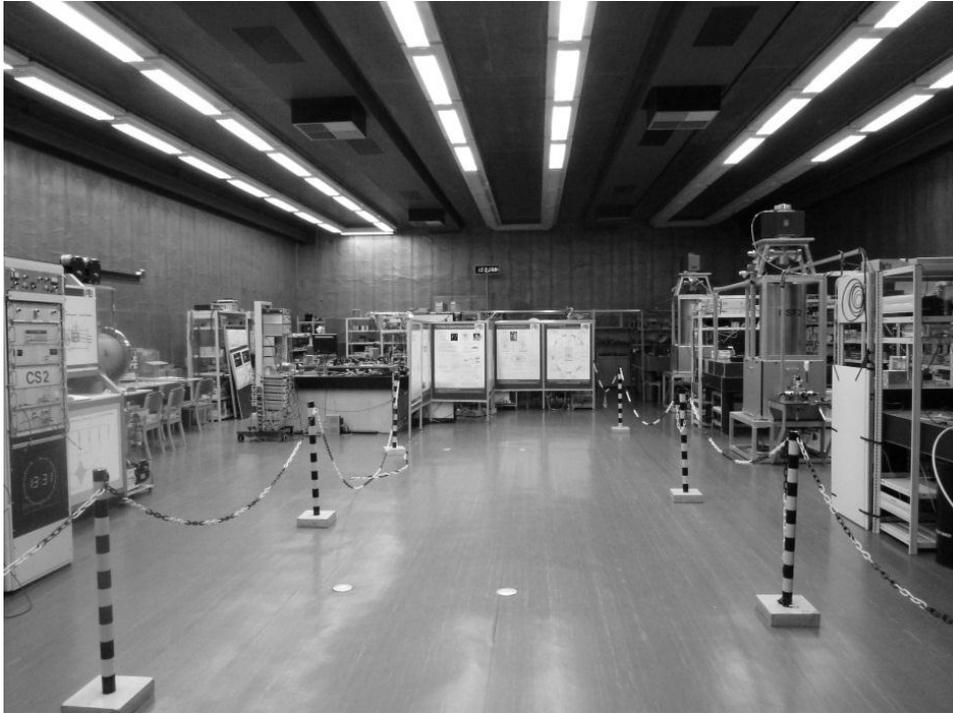


Abbildung 4+5: Zeitsysteme / Atomuhr

Ebenfalls dort hängt eine Tafel, an der ständig der korrigierte Zeitunterschied zwischen 2 Zeiten übertragen wird.

Im Anschluss an diese kleine Präsentation und zum Abschluss der Führung gab es noch die Möglichkeit, den Ort der Atomuhren im PTB zu besichtigen.



*Abbildung 6: Atomuhren*

## **Potsdam**

Am Mittwoch, den 19. Oktober 2011, haben wir uns um 9 Uhr in der Früh am Bus eingefunden, um die Fahrt von der Jugendherberge in Potsdam-Babelsberg in Richtung Telegrafenberg anzutreten. Da es sich um eine Strecke von kaum 5 km handelt, waren wir entsprechend früh am GFZ und konnten bereits gegen 9.30 Uhr unsere Führung antreten.



*Abbildung 7: GFZ Hauptgebäude*

Es begann mit einem kleinen Spaziergang vom Hauptgebäude des Zentrums zu einem Vortragssaal, wo wir zunächst in einem Vortrag über das GFZ im Allgemeinen, dessen Arbeitsweise und Forschungsschwerpunkte informiert wurden. Das GFZ, welches zur Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren e.V. gehört, beschäftigt rund 1000 Mitarbeiter, davon gut die Hälfte Wissenschaftler, und hat einen Jahresetat von rund 90 Mio € (Stand 06/2010). Wir zudem erfuhren viel über den Aufbau der Erde, über Plattentektonik, Erdbeben und Tsunamis. Hier ist das GFZ beispielsweise an



Abbildung 8

einem Projekt beteiligt, welches ein Erdbeben-Frühwarnsystem im erdbebenreichen Gebiet um Indonesien entwickelt und betreibt. Weitere uns hier vorgestellte Projekte sind die Satellitenmissionen CHAMP und GRACE, die weiterführende Informationen über das Erdschwerefeld und die Figur der Erde lieferten.

Als Resultat erhält man bekannterweise Geoidmodelle, wie die sogenannte „Potsdamer Kartoffel“.

In dem darauf folgenden Rundgang über das Gelände des Geoforschungszentrums hatten wir zunächst die Gelegenheit, uns den Helmerturm anzuschauen. F. R. Helmert war von 1886 an Leiter des Geodätischen Institutes, und der nach ihm benannte Turm übernahm nach der Zerstörung des Punktes Rauenberg die Funktion als Fundamentalpunkt im Deutschen Hauptdreiecksnetz. Im weiteren Verlauf der Führung sahen wir Verwaltungsgebäude des GFZ, ehemalige und aktuelle Einrichtungen zur Erforschung von Erdmagnetfeld, Wetter und vielem mehr.

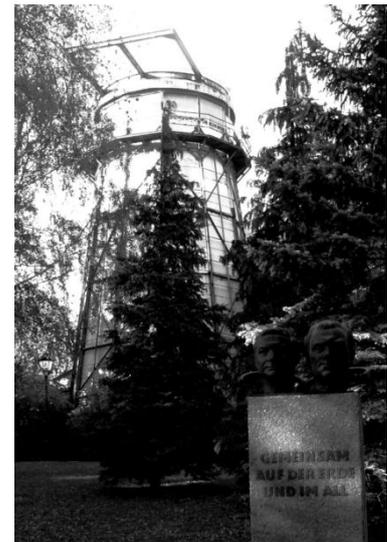


Abbildung 9



Abbildung 10

Nächster Höhepunkt der Führung war das astrophysische Observatorium mitsamt dem Großen Refraktor, der 1899 von Kaiser Wilhelm II eröffnet wurde und noch heute funktionsfähig ist. Im Keller des Observatorium befindet sich auch der Raum, in dem A. A. Michelson seine Experimente zum Nachweis des Äthers durchführte, was ihm bekanntermaßen nicht gelungen ist, aber dennoch große Bedeutung in der Physik hat.

Auch das „Michelson-Interferometer“ konnten wir sehen.

Eine weitere Station auf dem Rundgang war der optische Telegraf aus dem 19. Jahrhundert, von dem der Telegrafenberg seinen Namen hat. Leider ist die Telegrafenlinie aufgrund von Vegetation und Bebauung heute nicht mehr erkennbar. Zum Schluss konnten wir noch den Einsteinturm besichtigen, den Albert Einstein für Sonnenbeobachtungen zur Bestätigung seiner Relativitätstheorie bauen ließ.



*Abbildung 11*

Der Besuch des GFZ Potsdam endete mit einem guten Mittagessen in der örtlichen Kantine. Danach konnten wir unsere Fahrt fortsetzen und erreichten nach längerer Fahrt gegen 17.30 Uhr Bremen.



Abbildung 12: Einsteinturm



Abbildung 13

## Bremen

Die 4. und letzte Station unserer Großen Exkursion war ein zweitägiger Aufenthalt in Bremen. Im Mittelpunkt stand dabei am Donnerstag die Besichtigung des Zentrums für angewandte Raumfahrttechnologie und Mikrogravitation (ZARM). Schwerpunkte dieses Forschungszentrums der Universität Bremen sind neben zukünftigen



Abbildung 14

Verbesserungen von Fragestellungen der Raumfahrttechnologie auch Untersuchungen zur Verbrennung sowie der Strömungsmechanik. Um hierzu Experimente im Umfeld von Schwerelosigkeit zu realisieren, besitzt das ZARM einen 146 m hohen Fallturm, in welchem bis zu dreimal täglich Fallversuche durchgeführt werden.

Um die Fallversuche frei von Störungen wie Staubpartikel und Luftwiderstand zu halten und eine möglichst gute Schwerelosigkeit zu simulieren, wird der Turm bei jedem Fallversuch evakuiert. Dieses Vakuum wird durch 18 Pumpen ermöglicht, die dem Turm



Abbildung 15

32.000 m<sup>3</sup> Luft pro Stunde entziehen. Hauptbestandteil des Fallturms ist die 110 m hohe Fallröhre, in der bei einem Fallversuch Schwerelosigkeit mit einer Dauer von 4,74 s realisiert werden kann. Um die Dauer zu verdoppeln, befindet sich 12 m unter dem Fallturm ein Katapult, das die Fallkapsel mit einer Geschwindigkeit von 175 km/h in den Turm nach oben schleudert und somit einen senkrechten Parabelflug ermöglicht.

Zu Beginn der Besichtigung konnten wir uns direkt vor Augen führen wie ein Fallversuch in Echtzeit abläuft. Auf den Bildschirmen im

Kontrollraum des ZARM war dabei für einen kurzen Moment die fallende Kapsel zu sehen. Da jedoch im Anschluss an einen Fallversuch die Röhre mit Luft gefüllt und der Auffangbehälter samt dessen Styroporgranulat auf Grund von statischen Aufladungen zuerst entladen werden müssen, durften wir uns im Anschluss einen Vortrag über die Forschungstätigkeiten und den Aufbau des ZARM sowie die physikalischen Grundlagen anhören. Dabei wurde ziemlich einfach vor Augen geführt, wie sich durch einfachste Würfe Mikrogravitation realisieren lässt.



Abbildung 16: Fallturm

Nach Abschluss des Fallversuches konnte nun das Innere des Fallturms sowie die Pumpenanlage begutachtet werden. Höhepunkt dabei war die Möglichkeit den Mitarbeitern direkt bei der Entnahme der Fallkapsel aus der Auffangvorrichtung zuzusehen.

Im Anschluss an die Besichtigung des ZARM wurde uns freigestellt, ob wir am Nachmittag noch an einer Führung durch die Bremer Innenstadt teilnehmen möchten. Ziel dieser Führung war, die uns allen doch recht unbekannte Hansestadt Bremen näher kennen zu lernen. Unter anderem wurden dabei der Bremer Dom, das zum UNESCO-Weltkulturerbe gehörende Rathaus samt der Statue Roland und die bekannte Altstadt Schnoor besichtigt.

Zum Abschluss unserer Großen Geodätischen Exkursion fanden sich alle Studierenden in einem Gasthaus samt eigener Brauerei ein, um die Woche zusammen mit unserem Busfahrer und Herrn Keller, bei dem wir uns für die gelungene Exkursion bedanken möchten, gemütlich ausklingen zu lassen.



Abbildung 17

# **Report of the study experience in Austria Academy of Science in Graz by Wenjian Qin**

## **Abstract**

This report is the description and record of my study experience in IWF institute, which belongs to the Austria Academy of Science in Graz. The main task of my study there is to work on the master thesis proposal “Simulation studies on the determination of the lunar gravity field from the Gravity Recovery and Interior Laboratory (GRAIL)”.

The official duration is from 11.11.2011 to 30.04.2012. Nearly six months stay in Graz has provided me a precious opportunity to not only study and research in the area of lunar gravity field recovery but also broaden my eyes and improve myself.

The report is basically divided into two parts, the first part is a brief introduction about scientific work I have done and the second part is my experience of working in Graz.

## **1. Scientific work**

### **1.1 Introduction**

The scientific objective of Gravity Recovery and Interior Laboratory (GRAIL) satellite mission from NASA is to determine the structure of the lunar interior, from crust to core and to improve the understanding of the thermal evolution of the Moon. For this purpose, for the first time ever, satellite to satellite tracking in the low-low mode (SST-II) is realized in planetary geodesy to recover the lunar gravity field with unprecedented accuracy.

The mission design is akin to the Gravity Recovery and Climate Experiment (GRACE) project. However, due to the absence of orbit tracking by GPS as well as the different environments (e.g., concerning atmosphere), SST-II based gravity field determination cannot be transferred from the Earth to the Moon without proper adaption.

According to the obtained lunar gravity maps from the past missions, the data sets have low resolution for the backside of the Moon because they rely on DSN coverage of a single spacecraft. This situation will be changed in the case of SST-II measurement. GRAIL will provide a much better near side gravity field and vastly improved in the far side as well.

The GRAIL mission will accomplish these goals by performing global, regional and local high-resolution (30x30 km), high-accuracy (<10mGal) gravity field measurements with twin, low-altitude (55km) polar-orbiting spacecraft using a Ka-band ranging instrument.

### **1.2 Objective**

The main objective of the thesis is to assess the GRAIL performance by means of a series of closed-loop simulation studies. These studies can basically be divided into two parts, synthesis and analysis.

Synthesis covers the simulation of GRAIL observables based on priori gravity field simulation, whereas analysis deals with the recovery of these input parameters from the synthesis data.

In more detail, synthesis includes the:

Simulation of the GRAIL orbit by orbit integration,

Simulation of SST-II observables,

Formulation of error models for both the orbit and the SST-II component,

Analysis covers the:

Formulation of the SST-II functional model (according to GRACE experience),

Inversion of the gravity field parameters from the simulated data,

Quality assessment of GRAIL gravity field determination dependent on mission configuration, error models, spacecraft "visibility" etc.

### 1.3 Mathematical model for low-low satellite to satellite tracking

#### 1. 1.3.1 Set up the mathematical model of the SST-II

The basic model comes from the boundary value problem, formulated with the Newton's equation of motion (Torsten Mayer-Guerr):

$$\hat{r}(\tau) = (1-\tau)r_A + \tau r_B + T^2 \int_0^1 K(\tau, \tau') f(r_\varepsilon(\tau')) d\tau' \quad (1.3.1)$$

Here assume  $r_\varepsilon$  is the measured position with noise,  $\hat{r}(\tau)$  is the calculated path from boundary value equation, which is not the error-free path.

And  $\tau$  is the normalized time variable,  $t_A, t_B$  are the time of boundary points,  $T$  is the time interval of the arc.

$$\text{With } \tau := \frac{t-t_A}{T}, \quad t \in [t_A, t_B], \quad T := t_B - t_A$$

And the integral kernel:

$$K(\tau, \tau') := \begin{cases} \tau(1-\tau'), & \tau \leq \tau' \\ \tau'(1-\tau), & \tau' \leq \tau \end{cases} \quad (1.3.2)$$

If  $r$  is input with error free positions to calculate the  $f(r(\tau'))$ , then it still gets error free position  $r(\tau)$ :

$$r(\tau) = (1-\tau)r_A + \tau r_B + T^2 \int_0^1 K(\tau, \tau') f(r(\tau')) d\tau' \quad (1.3.3)$$

Together with (3.1)

$$r(\tau) - \hat{r}(\tau) = T^2 \int_0^1 K(\tau, \tau') [f(r(\tau')) - f(r_\varepsilon(\tau'))] d\tau' \quad (1.3.4)$$

With the integral operator

$$\kappa = T^2 \int_0^1 K(\tau, \tau')(\cdot) d\tau' \quad (1.3.5)$$

Together with (3.4)

$$r - \hat{r} = \kappa[f(r) - f(r_\varepsilon)] \quad (1.3.6)$$

With Taylor Expansion:

$$f(r) = f(r_\varepsilon) + \nabla f|_{r_\varepsilon} \cdot (r - r_\varepsilon) + \dots \quad (1.3.7)$$

Together with (3.6)

$$r - \hat{r} = \kappa \nabla f \cdot (r - r_\varepsilon) \quad (1.3.8)$$

Replace  $\hat{r}$  with (3.1)

$$[I - \kappa \nabla f(r_\varepsilon)](r - r_\varepsilon) = \kappa f(r_\varepsilon) + b - r_\varepsilon \quad (1.3.9)$$

I is identical matrix.

$$\Delta r = r - r_\varepsilon = [I - \kappa \nabla f(r_\varepsilon)]^{-1} [\kappa f(r_\varepsilon) + b - r_\varepsilon] \quad (1.3.10)$$

This equation could be discretized in terms of the POD observations:

$$\Delta r = (I - KT)^{-1} (Kf + Bb - r_\varepsilon) \quad (1.3.11)$$

With the gravity gradient:

$$T = \begin{pmatrix} \nabla f(\tau_1) & & \mathbf{0} \\ & \ddots & \\ \mathbf{0} & & \nabla f(\tau_N) \end{pmatrix} \quad (1.3.12)$$

The reference positions along the trajectory of the two satellites from formula (1.3.11):

$$\Delta r^{A/B} = (I - KT^{A/B})^{-1} (Kf_0^{A/B} + Bb_0^{A/B} - r_\varepsilon^{A/B}) \quad (1.3.13)$$

Here, K is the matrix of the numerical integration and B is the matrix of the boundary values of the observation equation. The reference positions are derived from the measured positions, which are improved by this supplement.

$$r_0^{A/B} = r_\varepsilon^{A/B} + \Delta r^{A/B} \quad .14)$$

The partial derivatives for the unknowns from the relative positions are:

$$R^{A/B} := \frac{\partial r^{A/B}}{\partial f} = (I - KT^{A/B})^{-1} K \quad (1.3.15)$$

$$\bar{B}^{A/B} := \frac{\partial r^{A/B}}{\partial b} = (I - KT^{A/B})^{-1} B$$

The relative acceleration could be calculated from the relative positions:

$$\ddot{r}_0^{A/B} = f_0^{A/B} + T^{A/B} \Delta r^{A/B} \quad (1.3.16)$$

The partial derivatives for the unknowns from the relative acceleration are:

$$\ddot{R}^{A/B} := \frac{\partial \ddot{r}^{A/B}}{\partial f} = I + T^{A/B} R^{A/B} \quad (1.3.17)$$

$$\ddot{\bar{B}}^{A/B} := \frac{\partial \ddot{r}^{A/B}}{\partial b} = T^{A/B} B^{A/B}$$

The relative velocity could be calculated from the relative acceleration:

$$\dot{r}_0^{A/B} = \dot{K} r_0^{A/B} + \dot{B} b_0^{A/B} \quad (1.3.18)$$

The partial derivatives for the unknowns from the relative velocity are:

$$\dot{R}^{A/B} := \frac{\partial \dot{r}^{A/B}}{\partial f} = \dot{K} R^{A/B} \quad (1.3.19)$$

$$\dot{\bar{B}}^{A/B} := \frac{\partial \dot{r}^{A/B}}{\partial b} = \dot{B} + \dot{K} \bar{B}^{A/B}$$

The reference values used for approximations could be calculated in the following way:  
First calculate the relative positions, velocity and acceleration:

$$r_0^{A/B} = r_0^B - r_0^A \quad (1.3.20)$$

$$\dot{r}_0^{A/B} = \dot{r}_0^B - \dot{r}_0^A$$

$$\ddot{r}_0^{A/B} = \ddot{r}_0^B - \ddot{r}_0^A$$

With the base vector:

$$e^{A/B}(t_i) = \frac{r_0^B(t_i) - r_0^A(t_i)}{\|r_0^B(t_i) - r_0^A(t_i)\|} \quad (1.3.21)$$

Then get the approximated observations:

$$\begin{aligned}
\rho_0(t_i) &= e_0^{A/B}(t_i) \cdot r_0^{A/B}(t_i) \\
\dot{\rho}_0(t_i) &= e_0^{A/B}(t_i) \cdot \dot{r}_0^{A/B}(t_i) \\
\ddot{\rho}_0(t_i) &= e_0^{A/B}(t_i) \cdot \ddot{r}_0^{A/B}(t_i) + \frac{1}{\rho_0(t_i)} (\dot{r}_0^{A/B}(t_i)^2 - \dot{\rho}_0(t_i)^2)
\end{aligned} \tag{1.3.22}$$

In order to transfer the left side of the observation equation from the relative values to the K-band observations, the matrix of partial derivatives is needed:

$$P = \begin{pmatrix} \frac{\partial \rho}{\partial r_{AB}} & 0 & 0 \\ \frac{\partial \dot{\rho}}{\partial \dot{r}_{AB}} & \frac{\partial \dot{\rho}}{\partial \dot{r}_{AB}} & 0 \\ \frac{\partial \ddot{\rho}}{\partial \ddot{r}_{AB}} & \frac{\partial \ddot{\rho}}{\partial \ddot{r}_{AB}} & \frac{\partial \ddot{\rho}}{\partial \ddot{r}_{AB}} \end{pmatrix} \tag{1.3.23}$$

The observation equations for the K-band observations is:

$$\begin{pmatrix} \rho - \rho_0 \\ \dot{\rho} - \dot{\rho}_0 \\ \ddot{\rho} - \ddot{\rho}_0 \end{pmatrix} = P \begin{pmatrix} R^B & -R^A \\ \dot{R}^B & -\dot{R}^A \\ \ddot{R}^B & -\ddot{R}^A \end{pmatrix} \begin{pmatrix} G^B \\ G^A \end{pmatrix} x + P \begin{pmatrix} \bar{B}^B & -\bar{B}^A \\ \dot{\bar{B}}^B & -\dot{\bar{B}}^A \\ \ddot{\bar{B}}^B & -\ddot{\bar{B}}^A \end{pmatrix} \begin{pmatrix} b^B \\ b^A \end{pmatrix} \tag{1.3.24}$$

This is the final linearized model for the observations with the necessary approximations.

### 1.3.2 The elimination of parameters

For every short arc, there are six unknowns for the positions of the boundary points. In terms of a one month observation with an interval of 5 seconds, there are around 10,000 arcs (with 50 points single arc). Those arc-related unknowns already lead to a very large number of parameters, even more than the gravity field coefficients (e.g. 8277 unknowns for the degree of  $n=90$ ). Consider of the memory of the computer and its running time, there is no chance to calculate the model directly.

So it is necessary to reduce the size of the normal equations, the unknowns of the boundary values could be eliminated before the arcs merge into the complete system of the normal equation.

The equation of (1.3.24) could be written as:

$$l = Ax + By + e \tag{1.3.25}$$

$$l = (A \ B) \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + e \tag{1.3.26}$$

The normal equation for a short arc:

$$\begin{pmatrix} A^T A & A^T B \\ B^T A & B^T B \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \hat{x} \\ \hat{y} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A^T l \\ B^T l \end{pmatrix} \quad (1.3.27)$$

$$B^T A \hat{x} + B^T B \hat{y} = B^T l \quad (1.3.28)$$

Now the system could be solved without solving the whole system:

$$\hat{y} = (B^T B)^{-1} B^T l - (B^T B)^{-1} B^T A \hat{x} \quad (1.3.29)$$

$$A^T A \hat{x} + A^T B \hat{y} = A^T l \quad (1.3.30)$$

Substitute with (1.3.29):

$$A^T A \hat{x} + A^T B [(B^T B)^{-1} B^T l - (B^T B)^{-1} B^T A \hat{x}] = A^T l \quad (1.3.31)$$

$$(A^T A - A^T B (B^T B)^{-1} B^T A) \hat{x} = A^T l - A^T B (B^T B)^{-1} B^T l \quad (1.3.32)$$

$$A^T (I - B (B^T B)^{-1} B^T) A \hat{x} = A^T (I - A^T B (B^T B)^{-1} B^T) l \quad (1.3.33)$$

Finally get the unknowns:

$$\hat{x} = [A^T (I - B (B^T B)^{-1} B^T) A]^{-1} A^T (I - A^T B (B^T B)^{-1} B^T) l \quad (1.3.34)$$

## 1.4 Results and analysis

The main work I have done in Graz is to develop the mathematical model and apply it into the program. By the time I write this report, the quality assessment is not finished yet.

There is no real data from GRAIL up to now, so for the simulation study, the orbit is simulated with the lunar gravity field JPL165P1 at the order of 160. The reference lunar gravity field is JPL150Q1.

The result of orbit simulated with lunar gravity field at order of 160 to resolve with the order of 85 from 1 month observations:

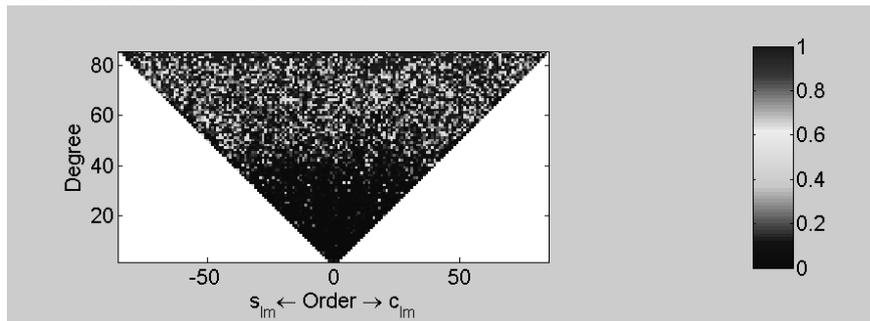


Figure 1.4.1 Compare resolved field with reference field

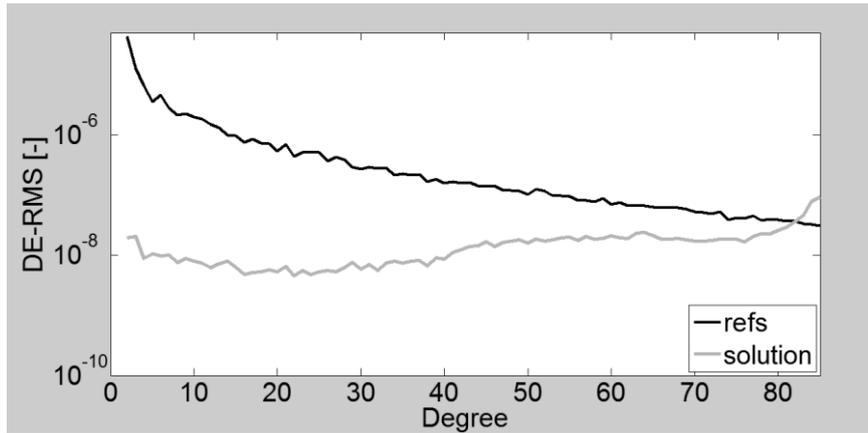


Figure 1.4.2 Difference between reference and resolved field

With:

$$DE - RMS_L = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{m=0}^L (\Delta C_{lm}^2 + \Delta S_{lm}^2)} \quad (1.4.1)$$

From the results we could find out that to resolve the field with the order of 85, the limit of the resolution would be reached at around the order of 83. Limited to the memory of the computer, the maximum resolution could only be set with 85 in this case, but from my suggestion, the limit could be reached at a higher order if it is resolved with a higher order and more powerful computer.

Since SST-II based gravity field determination could not be transferred from the Earth to the Moon directly without proper adaption because of the different accuracy of the position determination. So it is very worth to have an analysis on error models. For the next step of the analysis part, the orbit and the K-band observations would be simulated with different levels of white noises and to have a closer look on how much could these errors influence the results.

## 2. Work experience in Graz

### 2.1 General conditions in Graz

Graz is the second largest city in Austria after Vienna and also the capital city of the federal state of Styria. Located in the south east of Austria, Graz is a very beautiful city with a splendid history.



*Figure 2.1.1 Overview of the old town*

-A typical student city

There are six universities here in Graz, which includes more than 44,000 students. With a population of nearly 300,000 in total, the big percentage of the students makes Graz a typical student city.

-A cultural city

As the Cultural Capital of Europe for 2003 and the City of Culinary Delights in 2008, the oldest settlement on the ground of the modern city of Graz dates back to the Copper Age.

Like many other cities in the Europe, Graz is divided into the new town and the old town because of its long history, the old town is one of the best-preserved city centers in the Central Europe.

Here are two recommending famous tourist sites:

The one I like most is the Schloss Eggenberg, which is regarded as the most significant Baroque palace complex in Styria. The large portions of the building date back to the Late Middle Ages. It was recognized for its significance to cultural history in an expansion to the listing of UNESCO World Cultural Heritage Sites.



*Figure 2.1.2 Sitting in the Eggenberg*

Another famous site is the Schlossberg which is a hill topped by a castle in the centre of the city of Graz.



*Figure 2.1.3 Clock Tower on Schlossberg*

There are also many other places of interests which are quite worth to visit and it is always a nice experience to have an excursion to those sites.

#### -Art & Music

Known as the country of music, there are numerous concerts holding in Graz every year. They have provided very good opportunities to witness the world class music performance. There are many open free concerts held by students as well. Graz also has the famous architectural landmark The Kunsthaus Graz which holds hundreds of exhibitions every year.

Anyway, Graz is a city distributes the atmosphere of art and music to everywhere.

#### -Life expense

Compare with Stuttgart, there is no big difference in terms of expense in Graz. With an extensive public transportation network, Graz is an easy city to navigate without a car.

## **2.2 Working environment in IWF**

I work for the Space Research Institute of Austria academy of science, which covers the Austrian activities in three areas, namely System Exploration, Near-Earth Space Plasma Physics, and Satellite Geodesy. It is involved in many international space projects and cooperates with many research institutes worldwide.



Figure 2.2.1 Modern working environment

The group of Satellite Geodesy consist around ten people. It is not a big group but an international group. I work on the area of Lunar Gravity Recovery for about six months.

I do feel a big difference between the study in University of Stuttgart and the work in IWF. They are mainly in the following aspects:

### **1. Stronger academic atmosphere in IWF**

This is my first time to work in a research agency, for me I feel a stronger academic atmosphere here than the in the university.

Almost every week there are several seminars held by different institutes in the agency, sometimes they will also invite the famous scientists from all over the world to make the relevant presentations, which provide me a very nice opportunity to have a first contact with these scientists.

They also have a clear introduction about their achievements and forthcoming goals for every group from the three institutes. Some groups do play a leading role in the respect area of space research. The next five to ten years' plans are also clearly stated. It is always excited to have an overview on what a great work they have done and it is a big motivation to me as well.

### **2. Very international group**

Just like the Institute of geodesy in Stuttgart, the staff in IWF also comes from all over the world or even more international.

Working with people from different cultures is always fantastic. It is a good experience for me to learn the different ways of thinking from the people have various backgrounds. For example I have the opportunity to work with two colleagues from Russia and France in the same office. Talking about own cultures and backgrounds is always a good way to broaden my eyes and gain some fresh knowledge.

### **3. More self-dependent work**

During the two semester study in Stuttgart, we have handled many difficult labs. It is usually an efficient way to find out the solution by discussing with colleagues.

But working on a thesis is more self-dependent, the supervisor usually only gives a general guide and I need to solve the problem by myself. Sometimes it is really a challenge to work on the mathematical model and arrange the matrix, but I also feel a great sense of accomplishment once I finish the work.

#### **4. More cooperation with International agencies**

As introduced, IWF is involved in many international space projects and cooperates with the European Space Agency (ESA), with national space agencies in the US (NASA), in France (CNES), in Japan (JAXA), and in China (CNSA), and with more than 100 research institutes worldwide.

#### **5. Inconvenient location**

Many research agencies in the world are located in the rural area of the city, and IWF is one of them. For me this is the most inconvenient part. IWF has a modern and interdisciplinary working environment, although taking the public transportation to the work is very time consuming and inconvenient.

But on the other hand, it also gives me a very nice break after a hard day working to enjoy the beautiful countryside scenery nearby especially in the spring time.

### **Summary**

Studying abroad is always a wonderful experience. Fortunately I get this chance to spend six months in Austria on my thesis. Graz is a city definitely worth to know about and a good place to study. I would also show my gratitude to F2Geos to provide me a financial support, which is a guarantee and motivation both on my study and my life in Graz. Although six months is not a long time, this duration in Graz is already one of my best memories in my study career.

#### *References:*

**MAYER-GUERR T: GRAVITATIONSFELDBESTIMMUNG AUS DER ANALYSE KURZER BAHNBOEGEN AM BEISPIEL DER SATELLITENMISSIONEN CHAMP UND GRACE, UNIVERSITY OF BONN, 2006.**

# **Kurzbericht über die im Jahr 2011 mit dem Preis des Vereins F2GeoS ausgezeichnete Diplomarbeit von Ali Kohsravani**

*Digital Preservation of the Hirsau Abbey by Means of HDS and Low Cost Close Range Photogrammetry*

## **Zusammenfassung:**

Für die Dokumentation historischer Stätten werden unter anderem Methoden der Nahbereichsphotogrammetrie und terrestrisches Laserscanning eingesetzt. Diese Diplomarbeit behandelt die fotorealistische 3D-Rekonstruktion eines Turms im Kloster Hirsau, mittels High Definition Surveying (HDS) und Nahbereichsphotogrammetrie unter Verwendung von Sensordaten eines Smartphones. Mittels des in diesem Projekt verwendeten Smartphones lassen sich Geo-Taged-Daten (Kamera Position und Orientierung) aufzeichnen. Diese Daten wurden als externe Orientierungsparameter der Kamera verwendet und für die finale Bündelblockausgleichung verwendet. Aus klassisch photogrammetrisch generierten Punktwolken wie auch den LiDAR-Daten wurden 3D-Modelle erzeugt und mit einander verglichen. Dabei wurde festgestellt, dass die Größe der beiden Modelle nur um 3% von einander abweicht. Dies verdeutlicht das Potential moderner Handys als Sensorsysteme für Nahbereichsphotogrammetrie.

## **Abstract:**

This study covers the reconstruction of a 3D photorealistic model of the Hirsau abbey, by means of High Definition Surveying (HDS) and close range photogrammetry based on sensors data (camera position and orientation) and images of a smartphone. A comparison was made between the 3D models made from the 3D point clouds generated by terrestrial LiDAR as well as classical photogrammetry. It was found that the two models differ by only about 3%. It shows the performance of the new generation open source mobile phones used as sensor systems for close range photogrammetry.

## **1. Introduction**

The preservation and documentation of the world heritage sites has become an issue since many years. Cultural heritage sites are the testimonial of the unique culture and civilization of our ancients. Natural hazards, wars, urban growth and other factors always are the threats for destroying these heritages. Some of them will be destroyed in future; others have already been disappeared for ever, such as Arg-é Bam in Iran (the world's largest adobe structure, was built in 500 B.C., destroyed in 2003 by earthquake), Buddhas of Bamyán in Afghanistan (the largest examples of standing Buddha carvings in the world, was built in 6th century, destroyed in 2001 by Taliban) and many other heritages around the world. Some organizations and foundations like UNESCO, CyArk, etc. meet these problems. For example the CyArk project attempts to digitally preserve 500 of the most important heritage sites in 5 years by means of static LiDAR, surveying, photogrammetry, photography, etc.. (Fritsch, 2009)

This study is about digital preservation of the Hirsau abbey. Hirsau Abbey, formerly known as Hirschau Abbey, was once one of the most prominent Benedictine abbeys of Germany. It is located in the northern part of the black forest in Baden-Württemberg state in Germany. In this project, the cloister part, the gate tower of the Hunting Lodge, the winter refectory, the summer refectory and the monastery kitchen of the Hirsau abbey is digitally documented.

The documentation of the heritage sites need close range data acquisition methods, such as close range photogrammetry or terrestrial laser scanning (TLS). Objects in the heritage sites range from small artifacts on the sculptures to buildings, and in many cases have no regular shapes. Often, the time for measurement is limited. Before, close range photogrammetry was the only method for these kinds of measurements. Today, laser scanners despite of their costs have become very popular for the digital preservation of the heritage sites (Böhler and Marbs, 2002). No other instrument can be equivalent to TLS, regarding the speed and the accuracy of its dense point cloud (Böhm et al., 2005).

In this project, first from the 3D point cloud generated by a static LiDAR (Leica HDS 3000) a 3D model was created, by manual fitting of basic geometric shapes to the different parts of the point cloud. Afterwards, the 3D model got real textures by wrapping the corresponding photos onto it.

This study also includes some investigations about usage of a smartphone as a multi-sensor system in close range photogrammetry. Nowadays many mobile phone manufacturers aim to provide their customers not only with a communication device, but also with useful software tools and additional sensors integrated in these devices. The motivation of using a smartphone in this project is its ability to collect geo-tagged data (camera position and orientation). It would be interesting to know how accurate these data are, and if they can be used as approximate values (weak datum information) of the exterior orientation parameters in a bundle block adjustment process.

In this study, after the camera calibration, the gate tower of the Hirsau Abbey was measured by our terrestrial laser scanner (as a reference), and then was photographed using the HTC Hero smartphone's camera. A comparison was finally made between the CAD models resulted from these two approaches, to show the performance of this smartphone as a multi-sensor in classical photogrammetry.

## **2. 3D Reconstruction by means of High Definition Surveying (HDS)**

In recent years, advances in the terrestrial laser scanners manufacturing provide the world of surveying with more accurate, more reliable and faster instruments through the different techniques (e.g. time of flight, phase based, etc.) for capturing as-built information. This development has created a new era in surveying: the era of "High Definition Surveying" (HDS). (Frei et al., 2004)

In this study we used a Leica HDS 3000 terrestrial laser scanner for the data acquisition. The density of the point cloud was about 5cm, which is enough for the façades, and 1cm for the fine features like decorations and the interior part of the windows in the cloister.

The point clouds were then aligned with an accuracy of about 4mm, using the Cyclone software. Modeling in this project was done by triangulation (for terrain model) and best fitting of the basic geometric shapes (patch, sphere, cylinder, box, cone, etc.) to the different parts of the point cloud (figure 1). The point cloud was segmented manually in this project using the Cyclone software. In this project, all the features larger than 20cm size are included in modeling. The decoration details of the objects larger than 10cm are also considered to be modeled.

The generated 3D model then got photorealistic by texture mapping using the Google Sketchup software, manually. The results then were uploaded to Google Earth and CyArc project.

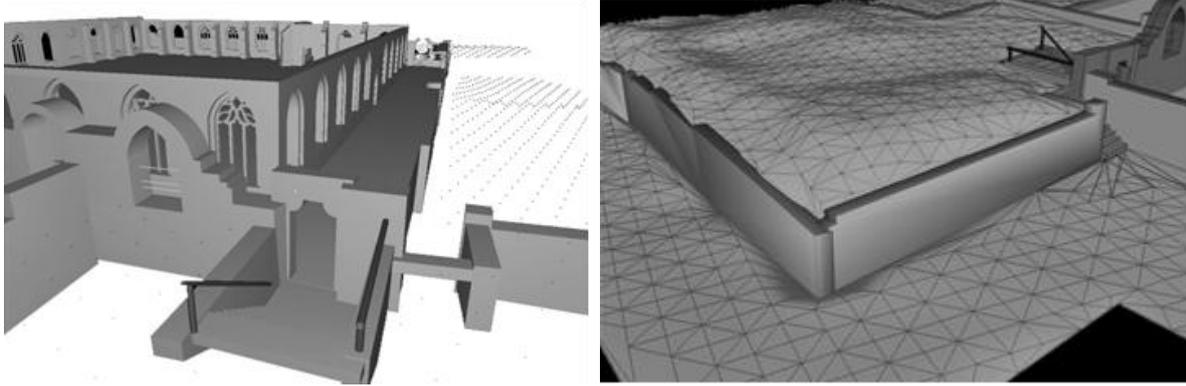


Figure 1. 3D modeling by shape fitting and triangulation



Figure 2. Integration of the 3D model in Google Earth

### 3. Experiences with Low Cost Close Range Photogrammetry Using a Smartphone

Smartphones are equipped with some useful sensors as well as open source operating systems to provide the user the full control of the sensors. What attracts our attention in the field of close range photogrammetry is the ability to collect geo-tagged data together with a built-in camera, which is a low accuracy and a low cost simulation of GPS/IMU supported systems.

The first step for the analysis of the sensors data is the camera calibration. The mobile phone used in this project, HTC Hero, benefits from the Google's Android open source operating system. This enabled us to write our own software for the sensors data acquisition. Then the quality of the sensors data, focused as the exterior orientation parameters, was estimated in a bundle adjustment.

#### 3.1. Camera Calibration

The HTC Hero smartphone uses a CMOS 5 megapixels sensor for photography, which is sufficient for low to medium precision close range photogrammetric applications.

For the camera calibration, a suitable 2D calibration field was used. Using a suitable image configuration, the camera was calibrated in a free net adjustment process based on the well-known Brown model (Brown, 1971) for correction of the lens distortion, using the Australis software.

The RMS of residuals was around one third of a pixel size. The main reason of such a relatively large amount of residuals might be the quality of images and the simple lens system. As far as the JPEG format is a lossy image format, the image coordinates are measured erroneous (Gruen and Akca, 2007). Also the Brown model seems not to be sufficient for the optical calibration of this low-cost camera system.

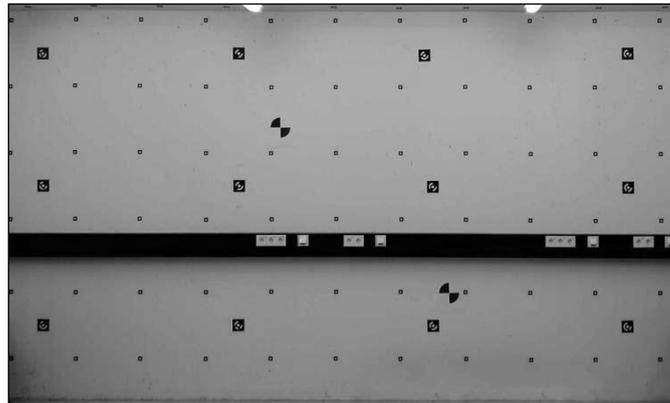


Figure 3. Calibration test field

### 3.2. Sensors' data Quality Assessment

The HTC Hero phone employs a 3-axis accelerometer (Bosch Sensortec BMA150), a 3-axis electronic compass (Asahi Kasei AK8973) and a GPS antenna (Le et al., 2009). The exterior orientation parameters can be derived from the output of these sensors. Having the digital compass and the accelerometer data, the phone gives the orientation angles azimuth, and roll. The following coordinate system is adapted to this project: The X-axis is UTM easting, the Y-axis is the UTM northing and the Z-axis completes a right handed system.

### 3.3. Accuracy of the Integrated Sensors

GPS: The accuracy of GPS by single point positioning (navigational solution) is about 15-25 meters in open space (95% confidence level). Having redundant satellite data, the accuracy of the single point positioning can be much higher than this amount. Moreover, if a set of points is measured in a relatively short time period, as far as the satellite constellation changes slowly and all the points receive satellite signals from a same ionospheric patch, the relative positioning accuracy would be improved dramatically (Enge et al., 1988; El-Rabbany, 2002). The new generation of hand-held GPS receivers is enabled to use WAAS and EGNOS services which provide users with ionospheric corrections (Federal Aviation Administration website; European Space Agency website). It reduces therefore the main GPS error source.

Accelerometer and Digital Compass: According to (Le et al., 2009), the standard deviation given by the accelerometer sensor used by the HTC Hero is around 0.025 [m/S<sup>2</sup>].

The standard deviation given by such a digital compass is around  $0.431 \mu\text{T}$ . The magnetic field of the Earth varies from  $30 \mu\text{T}$  (in SI units:  $1\text{T}=1\text{Kg/AS}^2$ ) around the equator to approximately  $60 \mu\text{T}$  near to the poles. When the device is not moving, the only acceleration is caused by gravity. Therefore one can compute the rotation angles (around 3 axes of object coordinate system) using the magnitudes of the acceleration components on the device's 3 axes and the digital compass data. To have an idea about the standard deviations of the orientation angles given by such a device, the device was placed in a horizontal, then a vertical and finally an arbitrary position to collect the orientation data (at least 20 samples per case). Results are given in the following table.

Angle	Mode	Average	Std. Dev.
Azimuth	Horizontal	$-160.0^\circ$	$1.0^\circ$
Azimuth	Vertical	$254.0^\circ$	$8.0^\circ$
Azimuth	Arbitrary	$89.6^\circ$	$1.3^\circ$
Pitch	Horizontal	$4.5^\circ$	$0.2^\circ$
Pitch	Vertical	$-87.7^\circ$	$0.3^\circ$
Pitch	Arbitrary	$-40.0^\circ$	$0.3^\circ$
Roll	Horizontal	$-0.8^\circ$	$0.1^\circ$
Roll	Vertical	$57.7^\circ$	$7.7^\circ$
Roll	Arbitrary	$0.0^\circ$	$0.2^\circ$

Table 1. Empirical standard deviation of the orientation angles

Sensors Calibration: Having placed the device on a flat horizontal place, an offset of around 4.5 degrees can be seen in the pitch angle, and almost no offset in the roll angle. It can be considered in the calculations afterwards.

### 3.4. Sensors' Data Focused as the Exterior Orientation Parameters

To have an impression about the usage of these sensors in photogrammetric close range applications, the sensor data were contributed in a bundle block adjustment, as the initial values of the exterior orientation parameters, also called 'weak' datum. Then these initial values were compared to their estimated values.

The case of study is the gate tower close to the ruins of Hunting Lodge located at the Hirsau Abbey site. A block of 8 images forming a ring configuration was set up (Waldhaeusl and Ogleby, 1994).



Figure 4. The gate tower of the Hirsau Abbey as the case study

The initial values of the object coordinates can be computed either by forward intersection having the sensors' data as the approximation of the exterior orientation parameters, or by relative/absolute orientation.

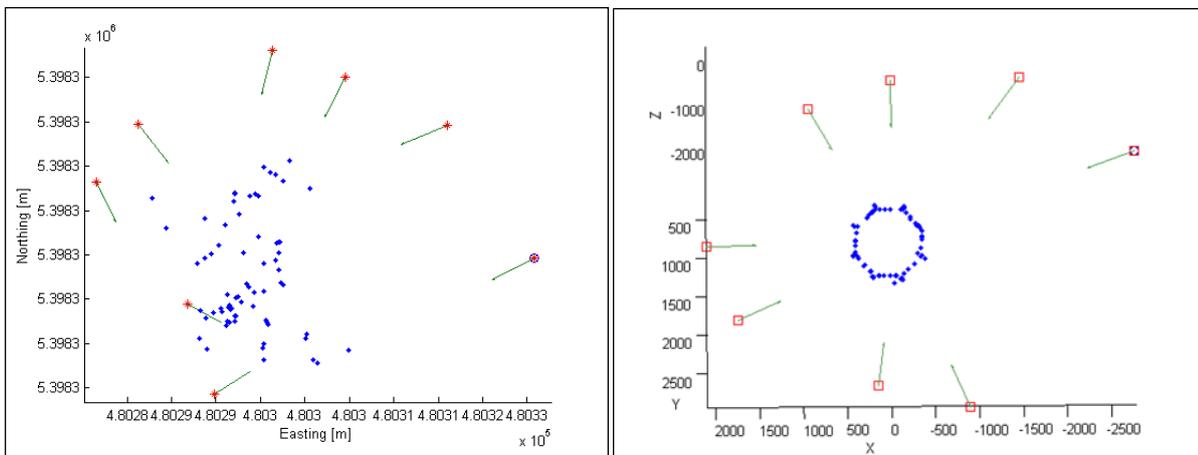


Figure 5. Forward intersection using the sensors data as exterior orientation parameters (left), Model created by relative orientation (right)

First we try the first strategy, forward intersection. Unfortunately the approximate values for the object coordinates generated by this strategy are way off for the convergence of the bundle adjustment.

From the directions of the arrows in the figure above which are the directions of photography, one may realize that the main reason of intersection errors is the errors in azimuth angles. We will verify it later. The problem of the approximate values for the object coordinates can be solved by the second strategy. The relative orientation of the photos is used for the computation of the model coordinates, and a successive absolute orientation is employed for the computation of the object coordinates (by a 3D similarity transformation). The 3D similarity transformation parameters can be calculated by comparing two sets of coordinates: UTM-coordinates of the camera projection centers (from the given GPS coordinates), and their counterparts in the model space. For getting a higher accuracy, points with higher residuals should not contribute furthermore in the analysis of the transformation parameters; since it has a direct effect on the scale of the 3D model. Moreover, if the place of photography is nearly flat, an average value can be considered for all GPS heights.

Having computed the new set of the approximate values for the object coordinates, the bundle block adjustment can be re-implemented. The bundle block adjustment is implemented in 2 scenarios:

Scenario 1: The observations of the camera position and the camera orientation are added to the system of equations (over-determined system).

Scenario 2: The bundle block adjustment is implemented using the free net adjustment (Fritsch and Schaffrin, 1981). The image coordinates are our observations only. The observations of the camera position and the camera orientation are just used as the approximate values of the unknown exterior orientation parameters.

In the first scenario, the observations of the camera positions and orientations are a part of the observations. At the same time they will receive some correction terms in the adjustment, because they are unknown parameters.

Therefore there is no need to use the Gauss-Helmert model for the adjustment, as the Gauss-Markov model is sufficient for all parameter estimations. The outliers are detected and removed using the DIA test principle (Baarda, 1968). The outliers in this case are 4 azimuth angles and 4 GPS coordinates sets.

In the second scenario, the shape of the model is not influenced by possible inconsistencies between the datum observations (the camera positions and orientations). In this case the model is fitted to the initial values of the unknown parameters. The datum observations which are marked as the blunders in the first scenario, will not contribute to the datum definition in this scenario. Regarding the Helmert model for the variance components estimation (VCE) (Grafarend et al., 1980), the following standard deviations are estimated for each set of the observations:

Parameter	Std. Dev.	Estimated Std. Dev. factor
Image coordinates	1 pixel	0.4
Azimuth	6.5°	1.0
Pitch and Roll	5.2°	1.0
Easting and Northing	0.50 [m]	1.0
Height	0.36 [m]	1.0

Table 2. Estimated standard deviations for each set of the observations

The results show that we can expect an accuracy of about 5°-6° for the camera orientations and 0.3-0.5 [m] for the camera positions; however a large number of blunders exist in the observations. The reason of getting such a small standard deviation factor for the image coordinates is the magnitude of the image coordinates residuals, which are unusually small. The small residuals are not always desirable, since they might be an indication of existence of poor controlled parts in the network. The analysis of the local redundancy numbers verifies this assumption (Leick, 2004); some of the local redundancy numbers are near to zero. This can be because of imperfections in the geometry of the rays' intersection. This rather weak intersection is because of the thin shape of the object in combination with the ring configuration of the images. It can be avoided by strengthening the geometry of the network for these parts, i.e. by efficiently increasing of the number of images.

Estimated standard deviation of the unknown parameters:

Camera positions:

RMS Std. Dev.	Scenario 1	Scenario 2
Easting [m]	0.439	0.041
Northing [m]	0.439	0.040
Height [m]	0.293	0.027

Table 3. Estimated standard deviation of the camera positions

Camera orientations:

RMS Std. Dev.	Scenario 1	Scenario 2
Azimuth [deg]	1.7	0.2
Pitch [deg]	0.7	0.1
Roll [deg]	1.6	0.2

Table 4. Estimated standard deviation of the camera orientations

Object coordinates:

RMS Std. Dev.	Scenario 1	Scenario 2
Easting [m]	0.327	0.021
Northing [m]	0.326	0.021
Height [m]	0.283	0.028

Table 5. Estimated standard deviation of the object coordinate

The estimated standard deviations of the unknown parameters seem to be more realistic in scenario 1, regarding the accuracy of GPS measurements. In scenario 2, these values are only the internal accuracies, and are not influenced by the datum definitions (datum observations). They are more suitable for the analysis of the geometry of the network.

At the end of this section, a question is still remaining to be answered: if the problem of the digital compass can be solved somehow, could the forward intersection generate appropriate initial values for the object coordinates? To answer this question, the forward intersection is re-implemented using raw sensor data, but corrected azimuths, and bundle block adjustment afterwards.

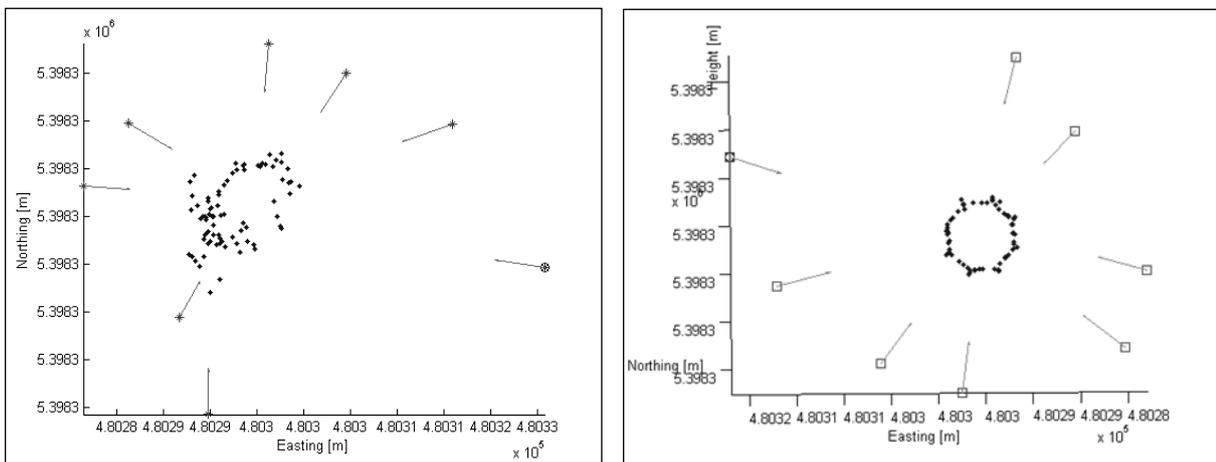


Figure 6. Forward intersection with raw sensor data but corrected azimuths (left), Results of the bundle block adjustment (right)

Results of the bundle block adjustment (right)

Fortunately in this case the bundle block adjustment has converged to 1mm after 9 iterations.

#### 4. Verification of the 3D Model

The absolute accuracy of a photogrammetric network can be estimated by comparing the photogrammetrically determined points or distances with reference values (control data) measured independently with a higher accuracy. For this reason, some distances on the models created by close range photogrammetry are compared with the same distances on a 3D model created by terrestrial laser scanner (TLS) data as the reference. The measured distances are the widths of the façades of the modeled tower (which is an octagonal cylinder).

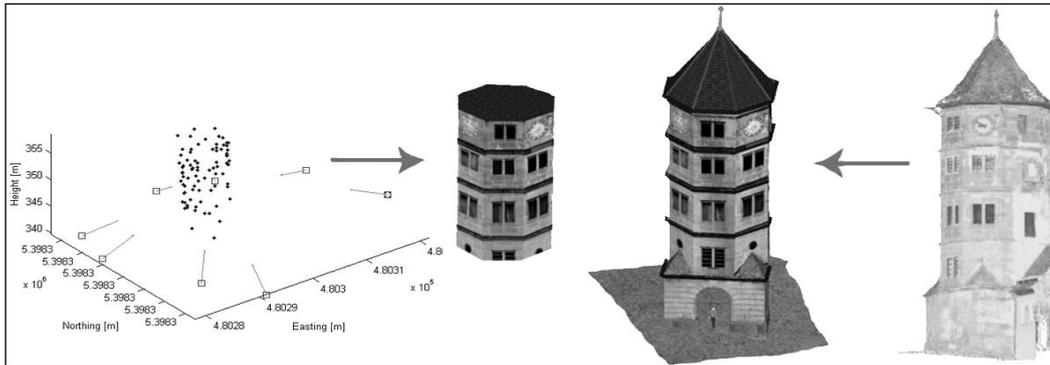


Figure 7. 3D models created by the described method (left) and terrestrial laser scanner (right)

The model created by the over-determined system (scenario 1) is around 3% smaller (96% significance) than the model created by TLS data. For the free net adjustment (scenario 2), the model is around 2% (85% significance) larger than the model created by TLS data.

	$L_1$ [m]	$L_2$ [m]	Scale= $L_1/L_2$	$L_2 \cdot \text{Scale}_{\text{Avg}} - L_1$ [m]
	2.767	2.886	0.959	0.027
	2.813	2.850	0.987	-0.054
	2.845	2.984	0.953	0.044
	2.820	2.909	0.969	-0.004
	2.875	2.922	0.984	-0.046
	2.873	2.956	0.972	-0.011
	2.793	2.910	0.960	0.024
	2.864	2.980	0.961	0.021
Avg.	N/A	N/A	0.968	0.000
Std. Dev.	N/A	N/A	0.012	0.036

Table 6. Scenario 1: Measured lengths for the calculation of the scale of the model, where:  $L_1$  is the length on the subject model and  $L_2$  is the length on the reference model.

	$L_1$ [m]	$L_2$ [m]	Scale= $L_1/L_2$	$L_2 \cdot \text{Scale}_{\text{Avg}} - L_1$ [m]
	2.956	2.886	1.024	-0.011
	2.936	2.850	1.030	-0.028
	3.036	2.984	1.017	0.009
	2.973	2.909	1.022	-0.005
	3.025	2.922	1.035	-0.044
	3.045	2.956	1.030	-0.029
	2.916	2.910	1.002	0.053
	2.984	2.980	1.001	0.057
Avg.	N/A	N/A	1.020	0.006
Std. Dev.	N/A	N/A	0.013	0.037

Table 7. Scenario 2: Measured lengths for the calculation of the scale of the model, where:  $L_1$  is the length on the subject model and  $L_2$  is the length on the reference model.

## 5. Conclusions

In this study, the potential of using the new generation of smartphones as a multi-sensor system was investigated in a low cost close range photogrammetric application.

The performance of this smartphone HTC Hero was shown by a comparison between the terrestrial laser scanner's data output and the 3D point cloud generated by photogrammetric bundle block adjustment.

The accuracy bounds of the integrated sensors were safe enough for the convergence of the bundle block adjustment, except the digital compass, when it is influenced by environmental magnetic fields. A solution can be implementing the relative/absolute orientation of the photos to generate approximate values of the object coordinates. The sensors' data (datum observations) either can be used as the initial values of the exterior orientation parameters in a free net adjustment, or can be added to the system of equations to form an over determined system. The results show a scale difference of about 2-3% in the models created by the bundle block adjustment, which can be a satisfactory result for low to medium accuracy projects.

## 6. Acknowledgements

I gratefully acknowledge the valuable supervision of Prof. Dr. ing. Dieter Fritsch and co-supervision of Dr. Ing. Jan Boehm and Dipl. Ing. Michael Peter on my master's thesis.

## 7. References

Baarda, W. (1968). A Testing Procedure for Use in Geodetic Networks, *Netherlands Geodetic Commission, Publications on Geodesy – New Series*. Vol. 2. No. 5.

Böhler, W., Marbs, A., 2002, "3D Scanning Instruments", *ISPRS/CIPA workshop on scanning for cultural heritage recording*, Corfu, Greece.

Böhm, J., Haala, N., Alshawabkeh, Y., 2005, "Automation in Laser Scanning for Cultural Heritage Applications", *International Workshop on Recording, Modeling and Visualization of Cultural Heritage*. 22 - 27 May, Ascona, Switzerland.

Brown D. C., 1971. Close Range Camera Calibration, *Photogrammetric Engineering*, Vol. 37, No. 8, pp. 855-866.

El- Rabbany, A., 2002. Introduction to GPS: the Global Positioning System, *Artech House Mobile Communication Series*, Artech House Inc.

Enge, P. K., Kalafus, R. M., Raune, M. F., 1988. Differential Operation of the Global Positioning System, *IEEE Communications Magazine*, Vol. 26, No. 7.

Frei, E., Kung, J., Bukowski, R., 2004, "High-Definition Surveying (HDS): A New Era in Reality Capture", *Proceedings of ISPRS Workshop Laser-Scanners for Forest and Landscape Assessment Freiburg, Germany*, pp. 262-271.

Fritsch, D., Schaffrin, B., 1981. The Choice of Norm Problem for the Free Net Adjustment with Orientation Parameters, *Bolletino Geodesia Science Affini*, Vol. 41, pp. 259-282.

Fritsch, D., 2009, "Preface", *Photogrammetric Week 2009* (Ed. Fritsch, D.), Wichmann Verlag, Heidelberg.

Grafarend, E., Kleusberg, A., Schaffrin, B., 1980. An Introduction to the Variance and Covariance Component Estimation of Helmert Type, *Zeitschrift für Vermessung*, Vol. 105, No. 4., pp. 161-180.

Gruen, A., Akca, D., 2007. Mobile Photogrammetry, *Dreiländertagung SGPBF, DGPF und OVG*, Muttenz, Switzerland, 19-21 June, DGPF Tagungsband 16 / 2007, pp. 441-451.

Le, M. H. V., Saragas, D., Webb, N., 2009. Indoor Navigation System for Handheld Devices, In partial fulfillment of the requirements of the Degree of Bachelor of Science, Worcester Polytechnic Institute Worcester, Massachusetts, USA.

Waldhaeusl, P., Ogleby, C., 1994. 3x3 Rules for Simple Photogrammetric Documentation of Architecture, *ISPRS*, Vol. XXX, Part5, pp. 426-429.

Leick, A., 2004. GPS satellite surveying, 3<sup>rd</sup> edition, John Wiley & Sons Inc., New York.

European Space Agency, 2010. EGNOS for Professionals, available at:  
<http://www.egnos-pro.esa.int/index.html> (accessed Mar. 2010)

Federal Aviation Administration, 2010. Navigation Services - WAAS - How It Works, available at:  
[http://www.faa.gov/about/office\\_org/headquarters\\_offices/ato/service\\_units/techops/nav\\_services/gnss/waas/howitworks/](http://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/ato/service_units/techops/nav_services/gnss/waas/howitworks/) (accessed Mar. 2010)

## Adressliste des Vorstandes

Name	1. Dienststelle/Firma 2. Privatanschrift	Funktion
<b>Dipl.-Ing. Hansjörg Schönherr</b>	Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg Büchsenstr. 54, 70174 Stuttgart Tel: 0711/95980-110 E-Mail: <a href="mailto:hansjoerg.schoenherr@lgl.bwl.de">hansjoerg.schoenherr@lgl.bwl.de</a> Weidenfeld 10, 73430 Aalen Tel.: 07361/68646	Vorsitzender
<b>Dr.-Ing. Gerrit Austen</b>	Stadtmessungsamt Stuttgart Lautenschlagerstr. 22, 70173 Stuttgart Tel.: 0711/216-59620 E-Mail: <a href="mailto:gerrit.austen@stuttgart.de">gerrit.austen@stuttgart.de</a> Weinstr. 18/1, 71394 Kernen Tel.: 07151/1652859	Stellvertretender Vorsitzender
<b>Dipl.-Ing. Walter Köpf</b>	Ingenieurbüro Köpf Bietigheimer Str. 5, 70435 Stuttgart Tel.: 0711/987905-0 E-Mail: <a href="mailto:koepf@ingenieurbuero-koepf.de">koepf@ingenieurbuero-koepf.de</a> Gustav-Siegler-Str. 43, 70193 Stuttgart Tel.: 0711/291787	Schatzmeister
<b>Dipl.-Ing. Andrea Heidenreich</b>	Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg Kernerplatz 10, 70182 Stuttgart Tel.: 0711/126-2283 E-Mail: <a href="mailto:andrea.heidenreich@mlr.bwl.de">andrea.heidenreich@mlr.bwl.de</a> Hecklestr. 4, 71634 Ludwigsburg Tel.: 07141/7968225	Schriftführerin

<b>Dipl.-Ing. Jürgen Eisenmann</b>	Landratsamt Ostalbkreis Flurneuordnung und Landentwicklung Ostalbkreis / Landkreis Heidenheim Obere Straße 13, 73479 Ellwangen Telefon: 07961/567-3268 E-Mail: <a href="mailto:juegen.eisenmann@ostalbkreis.de">juegen.eisenmann@ostalbkreis.de</a> Im Schönblick 9, 74542 Braunsbach Tel.: 07906/8761	Beisitzer
<b>Dipl.-Ing. Sabine Feirabend</b>	RIB IT AG Vaihinger Str. 151, 70567 Stuttgart Beethovenweg 4, 73630 Remshalden Tel.: 07151/1696257 E-Mail: <a href="mailto:Sabine.Feirabend@gmx.de">Sabine.Feirabend@gmx.de</a>	Beisitzerin
<b>Dipl.-Ing. Volker Hell</b>	Vermessungsbüro Hell Hirschgasse 5, 74613 Öhringen Tel.: 07941/647947 E-Mail: <a href="mailto:v.hell@hell-vermessung.de">v.hell@hell-vermessung.de</a> Panoramaweg 45, 71696 Möglingen Tel.: 07141/4883595	Beisitzer
<b>Dipl.-Ing. Karlheinz Jäger</b>	Stadtmessungsamt Stuttgart Lautenschlagerstr. 22, 70173 Stuttgart Tel.: 0711/216-6984 E-Mail: <a href="mailto:karlheinz.jaeger@stuttgart.de">karlheinz.jaeger@stuttgart.de</a> Goldschmiedstr. 16, 74232 Abstatt Tel.: 07062/62236	Beisitzer
<b>Dipl.-Ing. Roland Mayer-Föll</b>	Postfach 1384, 73603 Schorndorf Tel.: 07181/68790 E-Mail: <a href="mailto:mayer-foell@web.de">mayer-foell@web.de</a>	Beisitzer
<b>Dipl.-Ing. Matthias Wengert</b>	Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Büchsenstr. 54, 70174 Stuttgart Tel.: 0711/95980-197 E-Mail: <a href="mailto:matthias.wengert@lgl.bwl.de">matthias.wengert@lgl.bwl.de</a> Kaupstr. 5, 64289 Darmstadt Tel.: 06151/9674700 E-Mail: <a href="mailto:mwengert@web.de">mwengert@web.de</a>	Beisitzer

# Adressliste der Rechnungsprüfer und des Geschäftsführers

## Rechnungsprüfer:

Name	1. Dienststelle/Firma 2. Privatanschrift
Dipl.-Ing. Kurt Kohler	Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg Büchsenstr. 54, 70174 Stuttgart Tel.: 0711/95980-288 E-Mail: <a href="mailto:kurt.kohler@lgl.bwl.de">kurt.kohler@lgl.bwl.de</a> August-Müller-Str. 16, 71691 Freiberg Tel.: 07141/76467
Dipl.-Ing. Gerhard Waldbauer	Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg Stuttgarter Str. 161, 70806 Kornwestheim Tel.: 07154/9598-600 E-Mail: <a href="mailto:gerhard.waldbauer@lgl.bwl.de">gerhard.waldbauer@lgl.bwl.de</a> Richard-Wagner-Str. 21, 71686 Remseck Tel.: 07146/891110 E-Mail: <a href="mailto:gerhard.waldbauer@gmx.de">gerhard.waldbauer@gmx.de</a>

## Geschäftsführer

Name	1. Dienststelle/Firma 2. Privatanschrift
Prof. Dr. sc. techn. Wolfgang Keller	Universität Stuttgart, Geodätisches Institut Geschwister-Scholl-Str. 24D, 70174 Stuttgart Tel.: 0711/685 8-3459 E-Mail: <a href="mailto:wolfgang.keller@gis.uni-stuttgart.de">wolfgang.keller@gis.uni-stuttgart.de</a> Sperberweg 5, 71364 Winnenden Tel.: 07195/942157