



## **JAHRESBERICHT 2014**

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

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



## Vorwort

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

mit den Neuwahlen bei der letztjährigen Mitgliederversammlung habe ich das Amt des Vorsitzenden des Vereins F2GeoS von meinem Vorgänger Hansjörg Schönherr übernommen. Jenen F2GeoS Freundinnen und Freunden, die mir bei den Wahlen im letzten Jahr stellvertretend für alle unsere Mitglieder das Vertrauen ausgesprochen haben, möchte ich daher an dieser Stelle nochmals herzlich danken. Mein Ziel ist es nun, zusammen mit Frau Sabine Feirabend, die als meine Nachfolgerin zur neuen stellvertretenden Vorsitzenden gewählt wurde, die neue und herausfordernde Aufgabe ganz in Ihrem Sinne auszuüben.

Bedanken möchte ich mich hier auch nochmals sehr herzlich beim ehemaligen Vorsitzenden Hansjörg Schönherr für sein hohes Engagement und seine großen Verdienste für unseren Verein. Die zahlreichen Aktenordner und sonstigen Unterlagen, die ich bei der Übergabe der Amtsgeschäfte von Hansjörg Schönherr erhalten habe, zeugen davon. Bekanntlich haben sich zudem die Herren Walter Köpf und Roland Mayer-Föll aus eigenem Wunsch aus dem Vorstand verabschiedet. Auch Ihnen gebührt ein weiteres Mal der ausdrückliche Dank unseres Vereins für den langjährigen, unermüdlichen Einsatz zum Wohle von F2GeoS. Im Gegenzug haben Frau Stefanie Schmid und Herr Frank Kössler als neugewählte Beisitzer den Vorstand wieder verstärkt.

Ich möchte weiter die Gelegenheit nutzen und mich noch allen Freundinnen und Freunden kurz vorstellen, die an der letzten Mitgliederversammlung nicht teilgenommen haben. Nach meinem Studium an den Universitäten Stuttgart und Calgary war ich zunächst als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Geodätischen Institut der Universität Stuttgart tätig. Nach meiner Promotion habe ich den Vorbereitungsdienst für den höheren vermessungstechnischen Verwaltungsdienst absolviert und wurde im Anschluss in den Landesdienst übernommen. 2011 wechselte ich zum Stadtmessungsamt Stuttgart und leite dort seit 2012 die Abteilung Vermessung.

Für den eigenen Berufsstand sich einzusetzen, liegt mir am Herzen. Das Engagement in Gremien und Berufsverbänden spielt daher eine wichtige Rolle für mich. Seit 2013 bin ich stellvertretender Vorsitzender des Berufsbildungsausschusses beim Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung sowie stellvertretender Vorsitzender der Fachgruppe Vermessung der Ingenieurkammer Baden-Württemberg.

Berufspolitisch ein sehr bedeutsames Thema ist nach wie vor der Nachwuchs- und Fachkräftemangel. Ausbildungsinitiativen und Ausbildungsverbände wurden schon vor einiger Zeit ins Leben gerufen. Mittlerweile ist auch die Laufbahn-, Ausbildungs- und Prüfungsordnung für den höheren vermessungstechnischen Verwaltungsdienst zeitgemäß überarbeitet. Für den gehobenen und den mittleren Dienst sind entsprechende Novellierungen derzeit in Arbeit. Die neugefassten Verordnungen werden sicherlich dazu beitragen, dass es wieder attraktiver wird, den Vorbereitungsdienst zu absolvieren.

Nach meiner Überzeugung leisten der Verein F2GeoS und seine Mitglieder hierzu

ebenfalls einen wichtigen Beitrag. Schließlich dient Nachwuchsförderung immer auch der Nachwuchsgewinnung.

Mit freundlichen Grüßen

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Gerrit A. C." with a stylized flourish at the end.

Vorsitzender

# Inhaltsverzeichnis

## Administratives

Vorwort.....	III
Einladung.....	1
Protokoll der Mitgliederversammlung 2013.....	2
Geschäftsbericht 2014.....	7
Kassenbericht 2013.....	8
Satzung.....	9

## Neues aus Forschung und Lehre

Integriertes Praktikum 2013.....	13
Große Geodätische Exkursion.....	38
First GEOENGINE and German G&G Students Basketball Tournament.....	49
Kurzbericht über die im Jahr 2013 mit dem Preis des Vereins F2GeoS ausgezeichnete Diplomarbeit von Matthias Ellmer.....	51

## Anhang

Adressliste des Vorstandes.....	61
Adressliste der Rechnungsprüfer und des Geschäftsführers.....	63
Liste der Mitglieder.....	64
Beitrittserklärung.....	67



## Einladung

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

ich lade Sie sehr herzlich zur **20. Mitgliederversammlung** unseres Vereins der Freunde des Studiengangs Geodäsie und Geoinformatik der Universität Stuttgart e.V. ein.

Diese findet statt

**am Freitag, dem 18. Juli 2014  
ab 14:00 Uhr  
in Stuttgart  
in der Breitscheidstr. 2, 4. Stock,  
im Raum M2.41.**

### Tagesordnung

1. Begrüßung
2. Genehmigung der Tagesordnung
3. Genehmigung des Protokolls der 19. Mitgliederversammlung vom 12.7.2013
4. Verleihung des Bachelor-Preises
5. Bericht des Vorsitzenden
6. Bericht des Schatzmeisters (Kassenbericht 2013)
7. Bericht der Rechnungsprüfer
8. Aussprache über die Berichte
9. Entlastung des Vorstands
10. Beschluss über den Haushaltsplan 2015
11. Anträge (bitte **bis spätestens 11.7.2014** schriftlich beim Vorsitzenden einreichen)
12. Bericht des diesjährigen Bachelor-Preisträgers
13. Verschiedenes

Im Anschluss an die Mitgliederversammlung stellt uns Herr Prof. Dr.-Ing. Kleusberg sein Institut für Navigation 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 14. Juli 2014 anzumelden.

Mit freundlichen Grüßen



Vorsitzender

# Protokoll der Mitgliederversammlung 2013

Datum: 12.07.2013  
Ort: Raum M24.01, Geschwister-Scholl-Str. 24 D in Stuttgart  
Anwesend: rund 40 Mitglieder

## TOP 1: Begrüßung

Um 14<sup>00</sup> Uhr eröffnet der Vorsitzende Hansjörg Schönherr die 19. Mitgliederversammlung und begrüßt die Anwesenden. Besonders willkommen heißt der Vorsitzende die beiden Ehrenmitglieder Herrn Prof. Dr.-Ing. Friedrich Ackermann sowie Herrn Dipl.-Ing. Alfred Hils. Weiterhin begrüßt Herr Schönherr Herrn Prof. Dr.-Ing. Dieter Fritsch. Er dankt ihm für die Bereitschaft, im Anschluss an diese Versammlung das Institut für Photogrammetrie und dessen Arbeit vorzustellen sowie für die Bewirtung beim nachfolgenden Ausklang. Der Vorsitzende heißt den Vorstand, die Kassenprüfer sowie den Geschäftsführer des Vereins F2GeoS willkommen. Entschuldigt fehlt das Vorstandsmitglied Roland Mayer-Föll.

## TOP 2: Genehmigung der Tagesordnung

Der Vorsitzende stellt fest, dass die Einladung mit Tagesordnung satzungsgemäß mit Schreiben vom 23.5.2013 versandt und somit zur Mitgliederversammlung ordnungsgemäß mindestens 1 Monat vorher eingeladen wurde. Er stellt weiterhin fest, dass ein Nichtmitglied anwesend ist: Herr Matthias Ellmer, der im Anschluss seine prämierte Diplomarbeit vorstellen wird. Auf Frage des Vorsitzenden wird die Tagesordnung mit folgender Änderung genehmigt: Top 10: Beschluss über den Haushaltsplan 2014 (statt 2013).

## TOP 3: Genehmigung des Protokolls der 18. Mitgliederversammlung vom 13.07.2012

Das Protokoll ist im Jahresbericht 2013 abgedruckt, der den Mitgliedern zugestellt wurde. Das Protokoll wird von den Anwesenden einstimmig genehmigt.

## TOP 4: Verleihung des Diplom-Preises 2013

Der Vorsitzende übergibt den diesjährigen Diplom-Preis an Herrn Matthias Ellmer für seine Arbeit "*Optimization of the orbit parameters of future gravity missions using genetic algorithms*". Der Diplom-Preis ist mit 1.000,- € dotiert.

## TOP 5: Bericht des Vorsitzenden

Zum Mitgliederstand berichtet der Vorsitzende, dass derzeit

- 128 natürliche Personen und
- 4 juristische Personen

Mitglieder des Vereins sind.

Er berichtet über den Auftrag aus der letzten Mitgliederversammlung, wonach der Vorstand prüfen sollte, ob der Vordiplom-Preis nicht künftig Bachelor-Preis genannt werden müsste: In der Vorstandssitzung vom 15.11.2012 wurde beschlossen, den Vordiplom-Preis in Bachelor-Preis umzubenennen.

In diesem Jahr wurde kein Bachelor-Preis vergeben, da es keine Bachelor-Absolventen gibt.

Weiterhin wurde in der genannten Vorstandssitzung beschlossen, dass der Diplom-Preis künftig auch als Master-Preis bezeichnet werden kann. Da es derzeit noch beide Abschlussformen gibt, soll die beste Abschlussarbeit ausgewählt und der Preis dann entsprechend bezeichnet werden.

Voraussetzung für eine Prämierung ist, dass der Preisträger seine Arbeit in der Mitgliederversammlung vorstellt; ob er diese bei einer Firma durchgeführt und dabei ggf. finanzielle Zuwendungen erhalten hat, steht einer Prämierung nicht entgegen.

Ende Mai/Anfang Juni fand dieses Jahr die KonGeoS in Stuttgart statt. Die KonGeoS ist die Konferenz der Geodäsie Studierenden der deutschsprachigen Hochschulen. Sie ist im November 2012 aus den beiden Vereinen ARGEOS und KonVerS hervorgegangen um damit die Trennung der Vertretungen von Universitäts- und Fachhochschulstudierenden aufzulösen.

Der Verein F2GeoS hat für dieses Treffen 1.000,- € gespendet.

Es wurde angeregt, die Kosten für die Bereitstellung der Homepage des Vereins einzusparen und diese an die Homepage des Instituts für Photogrammetrie anzubinden. Eine Prüfung hat allerdings ergeben, dass die Universität Stuttgart keine Nutzung Dritter zulässt. Daher wird die Homepage von F2GeoS weiterhin selbständig bleiben.

Seit der letzten Mitgliederversammlung fanden zwei Vorstandssitzungen statt: Am 15.11.2012 sowie am 21.03.2013.

#### **TOP 6: Bericht des Schatzmeisters (Kassenbericht 2012)**

Herr Köpf weist auf den im Jahresbericht 2013 abgedruckten Kassenbericht 2012 hin und trägt die wesentlichen Positionen vor:

Gesamteinnahmen von 10.820,- € stehen Gesamtausgaben von 6.960,44 € gegenüber. Der Kassenstand am 31.12.2012 betrug somit 8.945,28 €.

Des Weiteren gibt Herr Köpf nachrichtlich bekannt, dass sich das Sparguthaben des Vereins mit Stand 31.12.2012 auf 29.980,73 € belief.

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

Herr Kohler berichtet über die Prüfung der Kasse durch die Rechnungsprüfer. Es wurden keine Beanstandungen festgestellt.

Die Rechnungsprüfer empfehlen daher vorbehaltlos die Entlastung des Schatzmeisters.

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

Es erfolgt keine Wortmeldung.

#### **TOP 9: Entlastung des Vorstands**

Herr Alfred Hils hat sich bereit erklärt die Entlastung des Vorstands sowie der Rechnungsprüfer zu übernehmen. Er weist auf die gute Arbeit des Vorstands hin. Er schlägt vor, den Vorstand und die Rechnungsprüfer enbloc zu entlasten. Die Mitglieder stimmen diesem Vorschlag zu.

Die Entlastung erfolgt ohne Gegenstimmen bei Enthaltung der Betroffenen.

## **TOP 10: Beschluss über den Haushaltsplanentwurf 2014**

Der Schatzmeister stellt den Entwurf des Haushaltsplans für 2014 vor. Er enthält folgende Positionen:

### **Einnahmen**

Mitgliedsbeiträge	4.500,00 €
Spenden	600,00 €
Zinsen	100,00 €
Entnahme Festgeld	4.000,00 €
	<hr/>
Gesamteinnahmen	<b>9.200,00 €</b>

### **Ausgaben**

Große geodätische Exkursion	1.000,00 €
Integriertes Praktikum	700,00 €
Grundpraktikum	300,00 €
Zuschüsse Fachschaft	500,00 €
Zuschuss Argeos	1.000,00 €
Diplom- oder Masterarbeits-Preis	1.000,00 €
Bachelor-Preis	500,00 €
Zuschuss Auslandsstudium	4.000,00 €
INTERGEO-Zuschuss	500,00 €
Konto-Abrechnung	110,00 €
Strato-Internetpaket	110,00 €
Mitteilungsblatt	300,00 €
Portokosten Einladungen + Jahresbericht	220,00 €
	<hr/>
Gesamtausgaben	<b>10.240,00 €</b>
	<hr/>
Unterdeckung	<b>1.040,00 €</b>

Der Haushaltsplan 2014 wird einstimmig genehmigt.

Da sich Herr Köpf bei den anschließenden Neuwahlen nicht mehr für die Tätigkeit des Schatzmeisters zur Wahl stellt wird festgelegt, dass er die Aufgabe des Schatzmeisters noch bis 31.12.2013 wahrnehmen wird. Sein Nachfolger wird das Amt ab 1.1.2014 übernehmen.

## **TOP 11: Neuwahlen (Vorsitzender, stellvertr. Vorsitzender, Schatzmeister, Schriftführer, Beisitzer (mind. 3, höchstens 6) und zwei Kassenprüfer)**

Der Vorsitzende dankt den Vorstandsmitgliedern Walter Köpf und Roland Mayer-Föll für ihre Tätigkeit im Verein. Beide sind seit 1995 in ihren jetzigen Positionen im Vorstand. Herr Schönherr betont die stets angenehme und konstruktive Zusammenarbeit mit ihnen.

Die beiden Vorstandsmitglieder Köpf und Mayer-Föll, ebenso wie der Vorsitzende selbst, stehen für Neuwahlen nicht mehr zur Verfügung. Herr Schönherr schlägt daher vor, die Wahl selbst zu leiten. Dagegen erhebt sich kein Widerstand.

Da alle weiteren Vorstandsmitglieder sich bereit erklärt haben, erneut zu kandidieren schlägt der Wahlleiter die folgenden Personen für die Neuwahl vor:

- Vorsitzender: Dr. Gerrit Austen
- Schatzmeister: Volker Hell
- Beisitzerin: Stefanie Schmid

Sollte Herr Dr. Austen als Vorsitzender gewählt werden, würde die Funktion des stellvertretenden Vorsitzenden frei. Herr Schönherr schlägt daher für die Neuwahl vor:

- stellvertretende Vorsitzende: Sabine Feirabend

Auf Nachfrage meldet sich Herr Frank Kössler, der sich als Beisitzer zur Wahl stellt. Weitere Wahlvorschläge werden nicht gemacht.

Die daraufhin durchgeführte Wahl ergibt folgende Neubesetzung des Vorstands: Jeweils ohne Gegenstimmen bei eigener Enthaltung werden von den anwesenden Mitgliedern die folgenden Personen gewählt:

- Vorsitzender: Dr. Gerrit Austen
- stellvertretende Vorsitzende: Sabine Feirabend
- Schatzmeister: Volker Hell
- Schriftführerin: Andrea Heidenreich
- Beisitzer/in: Jürgen Eisenmann  
Karl-Heinz Jäger  
Frank Kössler  
Stefanie Schmid  
Matthias Wengert

Auf Nachfrage nehmen alle gewählten Vorstandsmitglieder die Wahl an.

Die seitherigen Kassenprüfer sind bereit weiterzumachen. Weitere Wahlvorschläge werden nicht gemacht. Die Herren Gerhard Waldbauer und Kurt Kohler werden en bloc einstimmig und mit eigener Enthaltung als Kassenprüfer wiedergewählt. Auch sie nehmen auf Nachfrage die Wahl an.

Herr Schönherr wünscht den Vorstandsmitgliedern sowie den Kassenprüfern für ihre künftige Tätigkeit alles Gute.

## **TOP 12: Anträge**

Es gingen keine Anträge ein.

## **TOP 13: Bericht des diesjährigen Preisträgers**

Der diesjährige Preisträger, Herr Matthias Ellmer, stellt seine Arbeit "*Optimization of the orbit parameters of future gravity missions using genetic algorithms*" vor:

Die besten globalen Modelle für das Gravitationsfeld der Erde wurden aus Satellitenmissionen der jüngeren Vergangenheit wie CHAMP, GRACE und GOCE abgeleitet. Mit dem absehbaren Ende der noch aktiven Missionen GRACE und GOCE stellte sich die wissenschaftliche Gemeinde die Frage nach dem Aufbau möglicher Nachfolgemissionen, welche idealerweise inhärente Probleme der alten Missionen, wie z.B. das räumliche Aliasing der GRACE-Mission, nicht mehr aufweisen. Diese Diplomarbeit beschäftigte sich mit der Bestimmung eines Auswahlverfahrens für mögliche Mehr-Paar-Missionen, bei welchen mehrere auf dem GRACE-Prinzip zweier aufeinanderfolgender Satelliten basierende Satellitenpaare die Erde gleichzeitig auf verschiedenen Umlaufbahnen umrunden und beobachten. Zu diesem Zweck wurde ein Softwarepaket in der freien Programmiersprache Python entwickelt, welches es erlaubt, eine Vielzahl von Missionskonfigurationen mit Hinblick auf objektive Qualitätsmerkmale

zu untersuchen und zu bewerten. Diese Qualitätsmerkmale wurden mit Hilfe von 9510 Parameterstudien, von denen jede eine einzigartige Konfiguration einer Satellitenmission beschreibt, auf ihre Aussagekraft und ihr Verhalten in Antwort auf leichte Parameteränderungen untersucht. Die Effizienz der durchgeführten Berechnungen wurde durch mehrere Optimierungsschritte, unter anderem die Ausnutzung der erheblichen Rechenkapazität moderner Grafikkarten, wesentlich erhöht. Das Softwarepaket und die Parameterstudien bildeten die Grundlage eines Optimierungsprozess, der mit Hilfe genetischer Algorithmen aus dem riesigen Lösungsraum aller möglichen Kombinationen von zwei Satellitenpaaren eine möglichst gute auswählen sollte. Hierzu wurden über 2000 Kombinationen automatisch untersucht. Diese deckten zwar zusammen nur 0.005 % des Lösungsraumes ab, aber lieferten trotzdem ein den gestellten Anforderungen genügendes Ergebnis. Dies verdeutlicht sehr anschaulich die Leistungsfähigkeit von genetischen Algorithmen in komplexen Optimierungsproblemen. Ein auf solch einer Mission basierendes verbessertes Schwerfeldmodell würde in vielen Bereichen der Forschung und Technik Anwendung finden. Diese Modelle liefern in so diversen Bereichen wie der Flutvorhersage, der Grundwasserüberwachung oder der Bestimmung der Grönländischen Eisschmelze wertvolle Grundlagendaten.

## **TOP 12: Verschiedenes**

Auf die Frage, weshalb es nicht gelingt, alle Absolventen des Studiengangs als Mitglieder zu generieren, entsteht eine kurze Diskussion in der verschiedene Möglichkeiten der Mitgliedergenerierung behandelt werden.

Herr Schönherr betont zum Abschluss der Diskussion die Wichtigkeit der Mitgliederwerbung durch die Mitglieder selbst. Er bittet den neu gewählten Vorstand, sich dieses Themas weiter anzunehmen.

Zum Abschluss bedankt sich Herr Schönherr bei Herrn Hils sowie bei der ehemaligen Vorstandschaft für die stets gute und konstruktive Zusammenarbeit in den letzten 18 Jahren. Er weist noch einmal auf die Wichtigkeit des Vereins F2GeoS hin.

Bevor die Mitgliederversammlung geschlossen wird, dankt der neu gewählte Vorsitzende Herr Dr. Gerrit Austen dem ehemaligen Vorsitzenden Herrn Hansjörg Schönherr für dessen langjährige Tätigkeit im Verein. Insbesondere als Vorsitzender des Vereins hat Herr Schönherr den Verein stets einwandfrei vertreten und repräsentiert. Herr Dr. Austen betont, dass Herr Schönherr die Vorstandssitzungen sowie die Mitgliederversammlungen vorbildlich und immer mit dem nötigen Fünkchen Humor geleitet hat. Als Dank und Erinnerung an seine Tätigkeit im Verein F2GeoS überreicht Herr Dr. Austen Herrn Schönherr ein Präsent.

Die Mitgliederversammlung wird um 15<sup>30</sup> Uhr geschlossen.

Der Vorsitzende



Die Schriftführerin

gez. Andrea Heidenreich

## Geschäftsbericht 2014

Im Geschäftsjahr 2013/2014 wurde die wissenschaftliche Aus- und Weiterbildung im Studiengang Geodäsie und Geoinformatik der Universität Stuttgart wie folgt gefördert:

### Zuschüsse

1. Geodätische Exkursion 2013 im 1. Sem. Masterstudiengang	1300,00 €
2. Grundpraktikum und Integriertes Praktikum	1000,00 €
3. Gemeinsames Basketballturnier der Bachelor-, Master-, und Geoengine-Studenten	150,00 €
4. Konferenz der Geodäsie-Studierenden 2012 in Frankfurt	127,60 €
5. Konferenz der Geodäsie-Studierenden 2013 in Hamburg	732,10 €
6. Geodätische Exkursion 2014 im 1. Sem. Masterstudiengang	1000,00 €
7. Internationales Geodäsie-Studierenden Treffen in Istanbul	300,00 €
8. Sport- und Begegnungsforum für Internationale Master-Studierende der Universität Stuttgart	150,00 €

### Diplompreis 2013

Der Prämierungsausschuss entschied sich für die Auszeichnung der Diplomarbeit von **Herrn Matthias Ellmer** mit dem Titel:

*„Optimierung der Orbitparameter zukünftiger Schweremissionen unter Verwendung genetischer Algorithmen“.*

Der F2GeoS-Diplompreis 2013 in Höhe von 1000.- € wurde vom Vorsitzenden Hansjörg Schönherr am 12.07.2013 im Rahmen der 19. Mitgliederversammlung des F2GeoS überreicht.

## Kassenbericht 2013

Kassenstand am 31.12.2012	€	<b>8.945,28</b>
<b>Einnahmen:</b>		
Mitgliedsbeiträge		
127 Mitglieder je € 30,- (natürliche Personen)	€	3.810,00
4 Mitglieder je € 120,- (juristische Personen)	€	480,00
Spenden	€	8.870,00
Entnahme Sparguthaben	€	4.000,00
Zinsen	€	76,00
		<hr/>
Gesamteinnahmen	€	<b>17.236,00</b>
<b>Ausgaben:</b>		
Konferenz der Geodäsie Studierenden	€	8.350,00
Zuschuss Kongeos Stuttgart	€	1.000,00
Große geodätische Exkursion	€	1.300,00
Reisekostenzuschuss Kongeos Hamburg	€	732,10
Reisekostenzuschuss Kongeos Frankfurt	€	127,60
Zuschuss Geoengine Basketball Tournament	€	150,00
Grundpraktikum und integriertes Praktikum	€	1.000,00
Diplom-Preis	€	1.000,00
Waste Club Forum für Internationale Studierende	€	103,72
Mitteilungsblatt	€	390,02
Porto Jahresbericht und sonstiges Porto	€	93,79
Kontoabrechnung, LBBW Card und SEPA-Umstellung	€	145,83
Strato – Internetpaket	€	106,80
Notar Kurz Beglaubigung	€	89,73
		<hr/>
Gesamtausgaben	€	<b>14.589,59</b>
Kassenstand am 31.12.2013	€	<b>11.591,69</b>

Nachrichtlich: Sparguthaben 31.12.2010 € 36748,56  
Sparguthaben 31.12.2011 € 33396,91  
Sparguthaben 31.12.2012 € 29980,73  
Sparguthaben 31.12.2013 € 26604,27



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

- a) die Festlegung der Richtlinien der Vereinsarbeit;
- b) die Wahl des Vorstandes auf die Dauer von drei Jahren. Solange keine Neuwahl des Vorstandes stattgefunden hat, werden die Geschäfte vom bisherigen Vorstand durchgeführt;
- c) die Wahl von zwei Rechnungsprüfern, die nicht dem Vorstand angehören dürfen;
- d) die Entgegennahme der Jahresberichte des Vorsitzenden, des Schatzmeisters und der Rechnungsprüfer;
- e) die Entlastung des Vorstandes;
- f) der Beschluss über den Haushaltsplan;
- g) die Festsetzung der Mitgliedsbeiträge;

h) 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 Stimmengleichheit 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 2013



Für das südlich von Metzingen gelegene Pumpspeicherkraftwerk Glems, soll eine neue Wasserleitung gebaut werden, welche den oberen und den unteren Wasserspeicher des Kraftwerks verbindet. Im Rahmen des Integrierten Projektes 2013 sollen die notwendigen Messarbeiten für diesen erdachten Neubau geplant und durchgeführt werden.

Die vielfältigen Messaufgaben sind in acht Arbeitspakete aufgeteilt:

- 1. Luftgestützte Photogrammetrie**
- 2. Dreidimensionaler Referenzrahmen und Real Time Kinematic GPS**
- 3. Schwerebasierende und trigonometrische Höhenübertragung**
- 4. Kinematische Erfassung der Zufahrtswege mit einem integrierten Navigationssystem**
- 5. Vermarkung, Ausgleichung und Geländeaufnahme des Damm- und Speicherbecken Areal**
- 6. Kalkulation der Wasserleitung und Absteckung der Überwachungsgebäude**
- 7. Aufnahme von Gebäuden mit terrestrischer Photogrammetrie**
- 8. Gebäudeaufnahme mit terrestrischem Laserscanning**

Die folgenden Seiten beschreiben die Zielsetzung, Durchführung und Ergebnisse der einzelnen Arbeitspakete, wobei der Schwerpunkt auf die Ergebnisse gesetzt ist.

## 1. Luftgestützte Photogrammetrie

### 1.1. Übersicht

Das Arbeitspaket „Luftgestützte Photogrammetrie“ besteht aus den folgenden drei Schritten.

#### 1.1.1. Erstellung eines Orthophotomosaiks aus großformatigen digitalen Luftbildern



Als Grundlage zur Visualisierung und Planung verschiedener Arbeitspakete wurde im Voraus ein Orthophotomosaik des gesamten Gebiets Eningen unter Achalm erstellt. Dafür wurden digitale Luftbilder mit einer Bodenauflösung von 20 cm und ein Digitales Geländemodell (LiDAR) verwendet. Beides wurde vom Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden- Württemberg bereitgestellt.

Abbildung 1: Orthophotomosaik des Gebiets

#### 1.1.2. Bestimmung von 3D Objektpunktkoordinaten aus Luftbildern

Wie bereits in Schritt 1 wurden hierfür digitale Luftbilder des Landesamts für Geoinformation und Landentwicklung Baden- Württemberg verwendet, jedoch mit einer Bodenauflösung von 10 cm. Zur Bestimmung dieser Objektpunktkoordinaten wurde ein Matlab-Code erstellt. Dieser ermittelt durch Messen von homologen Punkten in Stereobildpaaren und anschließendem Vorwärtsschnitt die 3D Objektpunktkoordinaten.

#### 1.1.3. Aufnahme digitaler Bilder mittels ferngesteuertem unbemanntem Luftfahrzeug

Für diesen Schritt wurde im Voraus ein Flugplan unter Verwendung der Software IGIPlan für das zu überfliegende Gebiet erstellt. Als unbemanntes Luftfahrzeug wurde ein Octocopter, ausgestattet mit einer Canon IXUS 100 Kamera, eingesetzt. Diese Flugplanung wurde sowohl für eine Flughöhe von 30 m als auch 50 m durchgeführt.

### 1.2. Octocopter

#### 1.2.1. Vorbereitung des Fluges

Vor dem Flug wurden die Kontrollpunkte, welche vorher bereits durch RTK-Messungen aufgenommen wurden, überprüft. Aufgrund von Fehlern in x-y-Richtung sowie in Höhe, welcher für letzteres durchschnittlich 2,73 m betrug, mussten die Kontrollpunkte erneut gemessen werden. Diese wurden bei der Einmessung gleichzeitig für den späteren Flug signalisiert.

Nach erneutem Messen der Kontrollpunkte wurde der Fehler in der Höhe korrigiert, jedoch blieben in x-y-Richtung Fehler von 20-30 cm, welche aber noch in der zulässigen Genauigkeit liegen.

### 1.2.2. Octocopter-Flug

Der Flug wurde am 23. Juli 2013 am Unteren Lindenhof in Eningen unter Achalm durchgeführt. Aufgrund verschiedener Probleme für den Octocopter, wie zu starke Winde und Schwierigkeiten mit der internen Steuerung, konnte der Flug zunächst nicht durchgeführt werden. Nach einigen Versuchen war die Batterie schwach und der Octocopter sollte deshalb zur Landung gebracht werden, jedoch fiel eine Batterie kurz vor der Landung aus und verursachte somit eine Bruchlandung.



Abbildung 2: Octocopter-Flug

Als Ersatz wurde ein zweiter Octocopter eingesetzt, welchem zunächst falsche Startpunkt-koordinaten übertragen wurden und deshalb bei der Umschaltung von manueller auf automatische Steuerung auf die falschen Koordinaten zusteuerte. Da dieser Fehler nicht behoben werden konnte, wurde ein manuell gesteuerter Flug durchgeführt. Diese Daten konnten leider nicht genutzt werden, da der Speicher der Kamera voll war.

### 1.2.3. Nachbearbeitung der Flugdaten

Zunächst mussten aus den einzelnen „log“-Dateien die zu gebrauchenden Flüge ausgewertet werden. In unserem Fall gab es aufgrund der vielen Probleme nur einen annähernd guten Flug.

Daraufhin wurden die aufgenommenen Luftbilder den jeweiligen „log“-Dateien zugeordnet. Hierbei wurde festgestellt, dass die Luftbilder überbelichtet sind, da der ISO Wert der Kamera mit 400 statt 80 zu hoch eingestellt war. Dadurch gingen viele Informationen verloren, wie z.B. die Sichtbarkeit der Kontrollpunkte. Durch Anwendung der Gammakorrektur auf die Luftbilder konnte eine Verbesserung der Visualisierung erreicht werden, es konnten jedoch keine neuen Informationen gewonnen werden.

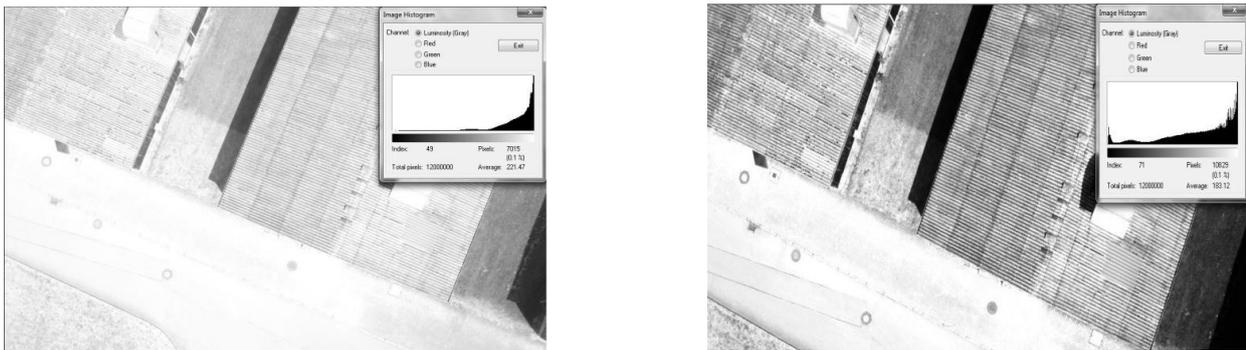


Abbildung 3: Luftbild vor und nach Gammakorrektur

Ein weiterer Schritt war die Auswertung der ausgegebenen „cam“- und „gps“-Dateien. In der „cam“-Datei sind die jeweiligen Zeitpunkte gespeichert, zu denen die Bilder aufgenommen wurden. Die „gps“-Datei beinhaltet sowohl die interne- als auch die GPS-Zeit, sowie die dazugehörigen Koordinaten. Um die Koordinaten zu den Aufnahmezeitpunkten der Bilder zu erhalten, musste eine Interpolation durchgeführt werden. Während der Interpolation gab es Fehlermeldungen aufgrund mehrerer Modem-Ausfälle, was zu einem Zeitzählerstopp der internen Zeit führte. Diese wurden manuell interpoliert. Nach erfolgreicher Interpolation erhielten wir die dem Bildzeitpunkt zugehörigen Koordinaten.

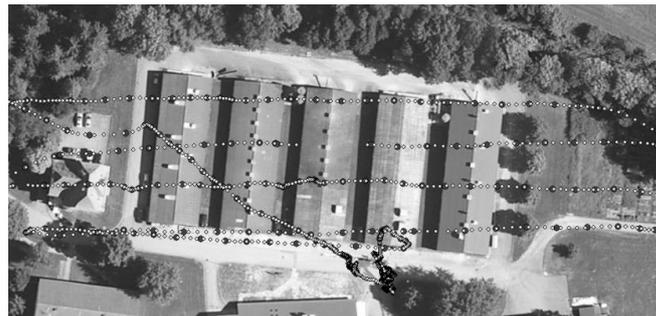


Abbildung 4: GPS-Flugbahn mit Bildhauptpunkten

Als letzter Schritt vor der 3D-Punktwolkengenerierung wurde eine Bündelblockausgleichung durchgeführt. Hierbei wurden den Bodenkontrollpunkten und den restlichen Checkpoints die Bilder zugeordnet, auf welchen sie abgebildet sind. Als Ergebnis wurden die Genauigkeiten der Bodenkontrollpunkte und Checkpoints ausgegeben. Die Fehler in Lage und Höhe liegen in den zulässigen Fehlergrenzen. Die Ungenauigkeiten sind auf die überbelichteten Luftbilder zurückzuführen, da die signalisierten Punkte nicht ausreichend erkennbar waren.

### 1.3. Ergebnisse

Nach erfolgreicher Bündelblockausgleichung wurde die Punktwolke zunächst in der „rapid“ Methode und danach in der „full“ Methode generiert.

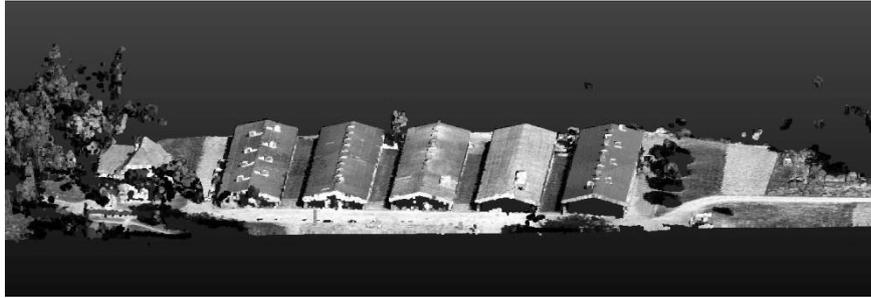


Abbildung 5: Punktwolke unseres Flugs durch "rapid" Methode

Während in der Punktwolke 1 (Abbildung 5), welche mit der „rapid“ Methode generiert wurde, noch einige größere Lücken erkennbar sind, sind diese in der Punktwolke 2 (Abbildung 6), welche mit der „full“- Methode generiert wurde, zum Großteil geschlossen. Dies kommt daher, dass im Bildraum der Punktwolke 2 mehr Verknüpfungspunkte vorhanden sind, welche, wie der Name schon sagt, eine bessere Verknüpfung zwischen den einzelnen Punkten bieten.

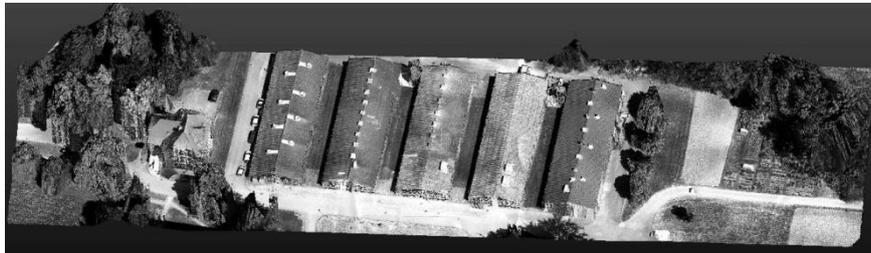


Abbildung 6: Punktwolke unseres Flugs durch "full" Methode

## 2. Dreidimensionaler Referenzrahmen und Real Time Kinematic GPS

### 2.1. Einleitung

Die Aufgabe des Arbeitspaketes besteht darin, eine Transformation zwischen lokalen und globalen Koordinaten zu berechnen, um für andere Arbeitspakete Transformationsparameter für eigene Berechnungen zur Verfügung zu stellen und Festpunktkoordinaten durch GNSS Einsatz zu bestimmen.

Im Messgebiet sind Festpunkte des Baden-Württembergischen Landesnetzwerks in lokalen Gauß-Krüger-Koordinaten gegeben. Einer dieser Punkte ist zudem in globalen Koordinaten des Baden-Württemberg Referenzsystems gegeben.

Um eine Transformation zwischen beiden Systemen zu berechnen, sollten alle hierzu verwendeten Festpunkte in globalen und lokalen Koordinaten vorliegen.

Die Verdichtung der Landeskoordinaten kann dann unter Verwendung der Transformation durch den Einsatz globaler Messmethoden erfolgen.

### 2.2. Beschreibung der Messaufgaben

Die Aufgaben des Arbeitspaketes lassen sich in 3 Hauptaufgaben einteilen:

- I. Bestimmung von globalen Koordinaten
- II. Bestimmung einer Koordinatentransformation
- III. Verdichtung des Lagefestpunktfeldes

### **2.2.1. Bestimmung von globalen Koordinaten**

Für die Bestimmung der globalen Koordinaten aller Festpunkte wird das statische differentielle GNSS Messverfahren verwendet.

Für einen der Festpunkte liegen bereits die globalen Koordinaten vor. Es werden durch Differenzbildung zweier Empfängerdaten zum selben Satelliten lediglich die Basislinien zwischen dem gegebenen Referenzpunkt und dem Festpunkt, auf dem sich der andere Empfänger befindet, bestimmt. In zehn Sessions werden mit mehreren Empfängern so zu allen Punkten mehrere Basislinien bestimmt.

Durch die Doppeldifferenzbildung kann eine hohe Genauigkeit der Basislinien erzielt werden, da vor allem atmosphärische Fehlereinflüsse und Uhrenfehler weitestgehend eliminiert werden.

Die globalen Koordinaten eines beliebigen Punktes lassen sich durch Addition der Basislinie zu den Koordinaten des gegebenen Punktes bestimmen.

### **2.2.2. Bestimmung einer Koordinatentransformation**

Für die Transformation zwischen lokalen und globalen Koordinaten wird eine dreidimensionale Helmert Transformation verwendet. Für die Berechnung der 7 Transformationsparameter werden mindestens drei Festpunkte benötigt. Um das Messgebiet besser abzudecken und den Redundanzanteil zu erhöhen, werden alle sechs im Gebiet verteilten Festpunkte verwendet.

### **2.2.3. Verdichtung des Lagefestpunktfeldes**

Zur Georeferenzierung einzelner Messprojekte werden Festpunkte an Ort und Stelle benötigt. Durch den Einsatz von RTK können in kurzer Zeit den von anderen Arbeitspaketen markierten Punkten lokale Gauß-Krüger-Koordinaten zugewiesen werden. Für die Umwandlung der globalen Messung in lokale Koordinaten wird die Transformation benötigt.

## **2.3. Die Messergebnisse**

### **2.3.1. Auswertung der Basislinien**

Aufgrund vieler Sessions konnten viele Basislinien mit hoher Redundanz bestimmt werden. Durch Vergleich konnten große Unterschiede der Basislinien zum selben Punkt detektiert werden und so offensichtlich falsch gemessene Basislinien eliminiert werden. Die aufgetretenen Unterschiede und Probleme lassen sich in drei Fehlerkategorien einteilen.

- Fehler beim Antennenaufbau
- Fehler bei der Empfängereinstellung
- Fehler bei der Messung an sich

Aufgrund der genannten Probleme konnten von den ursprünglich geplanten 81 Basislinien lediglich 40 für die Berechnung der globalen Koordinaten verwendet werden.

<b>Punkt Nummer</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>	<b><math>\sigma_{\text{Lage+Höhe}}</math> [m]</b>
<b>217</b>	4179930.2720	686479.3660	4753478.9180	0.0000
<b>2</b>	4179425.2714	686750.2769	4753997.6588	0.0058
<b>232</b>	4179786.7628	682482.8715	4753915.0763	0.0090
<b>73</b>	4178334.3802	683617.9297	4754918.8827	0.0096
<b>14</b>	4177671.4502	686328.5091	4755513.3936	0.0099
<b>64</b>	4178521.3349	684765.8728	4754595.3734	0.0163

*Tabelle 1: Ermittelte globale Koordinaten und deren Standardabweichung*

Durch Addition der Basislinien zum Referenzpunkt 217 können die in Tabelle 1 zu sehenden globalen Koordinaten der gemessenen Punkte berechnet werden. Die Genauigkeit der Koordinaten ist abhängig von der Genauigkeit der Basislinien.

### 2.3.2. Berechnung der Transformationsparameter

Die Transformationsparameter werden im Leica Geo Office berechnet. Eingangsdaten sind die als fehlerfrei angenommenen lokalen Koordinaten und die fehlerbehafteten globalen Koordinaten.

Für die Transformationsparameter erfolgt zwar eine Genauigkeitsangabe, deren Aussagekraft allerdings nicht besonders hoch ist. Eine sinnvolle Abschätzung der Genauigkeit ist lediglich über den Unterschied der gegebenen und der über die Transformation berechneten lokalen Koordinaten möglich. Daraus lässt sich für jeden Punkt eine gesamte Restklaffung  $dP$  berechnen.

$$dP = \sqrt{dLage^2 + dHöhe^2}$$

Die erste Berechnung der Transformationsparameter wies Restklaffungen in Lage und Höhe zwischen 11 und 169 Meter auf, die sich zunächst nicht erklären ließen. Diese Transformation wurde nicht verwendet, da hier ganz offensichtlich ein grober Fehler vorlag.

<b>Punkt Nummer</b>	<b><math>dP</math> endgültige Transformation aus 2013 [m]</b>	<b><math>dp</math> verwendete Transformation aus 2011 [m]</b>
<b>73</b>	0.0096	1.2181
<b>64</b>	0.0725	1.1551
<b>232</b>	0.0290	1.2457
<b>14</b>	0.0207	1.2348
<b>2</b>	0.0220	1.4280
<b>217</b>	0.0108	255.7332

*Tabelle 2: Restklaffungen der einzelnen Transformationen*

Das Problem der ersten Berechnung wurde erst eine Woche später herausgefunden. Der eigentliche Punkt 217 war nicht für die statische GNSS Messung geeignet. Als Ersatz wurden die Messungen auf 217-04, einem der Versicherungspunkte durchgeführt. Für die Berechnung der Transformationsparameter wurden allerdings die lokalen Koordinaten des tatsächlichen Punktes verwendet, während sich die globalen Koordinaten korrekterweise auf den Versicherungspunkt bezogen. Dieser Fehler wurde erst am vorletzten Tag des Integrierten Projektes herausgefunden, so dass ein korrigierter Transformationsparametersatz aus Zeitgründen nicht mehr auf Messungen

und Auswertungen angewandt wurde. Stattdessen wurde ein Parametersatz aus dem Jahr 2011 verwendet.

Warum dieser Transformationssatz als besser empfunden wurde, erwies sich in der Nachbereitung als unklar. Beim Blick auf die Restklaffungen ergaben sich Werte zwischen 1 und 255 m. Spätestens hier hätte das Problem mit der Punktverwechslung auffallen müssen.



*Abbildung 7: Real Time Kinematic*

### **2.3.3. Bestimmung der Neupunkte mit RTK**

Für die Bestimmung der Punkte mit RTK ließ sich die Referenzstation immer auf einem der statisch gemessenen Punkte aufbauen. Die Entfernung zwischen Referenzstation und Rover war stets ausreichend für die Kommunikation der beiden Geräte. Am ersten Messtag bereitete die Kommunikation zwischen den Geräten allerdings die größte Schwierigkeit. Es stellte sich heraus, dass nicht jeder Rover mit jeder Referenzstation kommunizieren kann. Zudem wurden die Messungen mit dem fehlerbehafteten Transformationsparametersatz durchgeführt. In den darauffolgenden Tagen wurden alle Messungen mit dem Transformationsparametersatz von 2011 und einer geeigneten Gerätekombination neu gemessen.

## **2.4. Bewertung der Messergebnisse**

### **2.4.1. Bewertung der Basislinien und der globalen Koordinaten**

Da die globalen Koordinaten nur aus den Basislinien und den als fehlerfrei angenommenen Koordinaten von Punkt 217 berechnet werden, entspricht die Koordinatengenauigkeit der Basisliniengenauigkeit. Es können also über beide Variablen die gleichen Genauigkeitsaussagen getroffen werden. Die Genauigkeiten sind Tabelle 1 zu entnehmen.

Die erreichten Standardabweichungen der Basislinien entsprechen beinahe alle den getroffenen Erwartungen von 5 mm + 1 ppm.

### **2.4.2. Bewertung der Transformationsparameter**

Tabelle 2 zeigt die Restklaffungen der verwendeten Transformation aus dem Jahr 2011

und der neu berechneten aber nicht verwendeten Transformation von diesem Jahr. Die Restklaffungen der Transformation aus diesem Jahr liegen alle im cm-Bereich. Diese Transformation wäre daher ganz klar geeigneter gewesen als die Transformation aus 2011, sie stand aber erst am Ende des Praktikums zur Verfügung.

### 2.4.3. Bewertung der Neupunkte

Die innere Genauigkeit der RTK Messung war für alle Punkte besser als 2 cm. Da die mit hoher Genauigkeit gemessenen globalen Koordinaten allerdings in lokalen Gauß-Krügerkoordinaten ausgegeben werden, kommt noch die Genauigkeit der Transformation hinzu.

Die Abweichungen von der lokalen Gauß-Krüger-Sollkoordinate beträgt bei der verwendeten Transformation aus dem Jahr 2011 für jeden Punkt mehr als einen Meter. Damit lassen sich trotz der guten inneren RTK Messgenauigkeit die Neupunkte nur auf ein bis zwei Meter genau angeben.

## 3. Schwerebasierende und trigonometrische Höhenübertragung

### 3.1. Aufgabenübersicht

Die Aufgabe des Arbeitspaketes bestand darin den Höhenunterschied zwischen zwei Festpunkten zu bestimmen. Dazu wird bei den ebenen Gebieten eine geometrische Höhenübertragung durchgeführt. Im steilsten Teil des Geländes – zwischen Punkt E1 und E2 – wurde der Höhenunterschied mittels trigonometrischer Höhenübertragung ermittelt.

Um noch genauere Werte zu erhalten, musste zudem an den Zwischenpunkten des Nivellements eine Schweremessung durchgeführt werden. Mit den so erhaltenen Schwerewerten konnten die zuvor bestimmten Höhenunterschiede ausgeglichen und korrigiert werden. Anschließend wurden die ausgeglichenen und korrigierten Werte zur Erstellung eines Höhennetzwerks verwendet.

### 3.2. Geländeübersicht

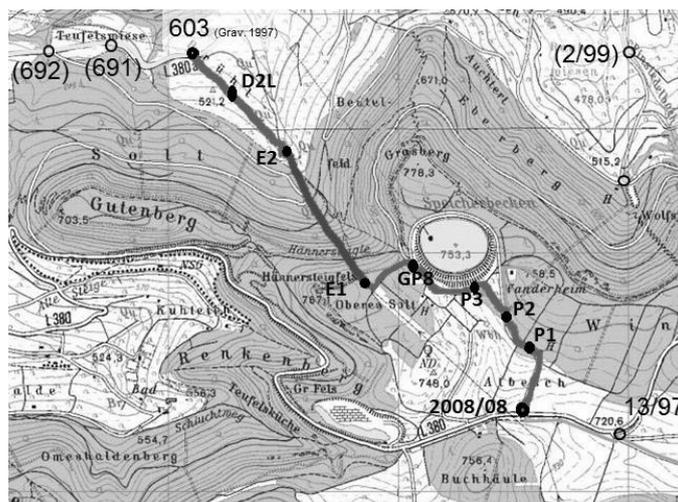


Abbildung 8: Strecke des Nivellements und der Höhenübertragung

Entlang der lila eingefärbten Strecken haben wir das differenzielle Nivellement durchgeführt. Angefangen von Punkt 2008/08 haben wir zunächst bis zum Punkt E1 gemessen. Da zwischen E1 und E2 das Gelände für ein geometrisches Nivellement zu

steil abfällt, mussten wir zwischen diesen Punkten, also entlang der roten Linie, die trigonometrische Höhenübertragung durchführen. Vom Punkt E2 bis 603 ging es dann wieder mit dem differenziellen Nivellement weiter. An allen Fest- und von uns neuvermarkten Zwischenpunkten auf dieser Strecke wurden zudem Schweremessungen mit dem Gravimeter durchgeführt.

### 3.3. Messdurchführung und -Ergebnis

#### 3.3.1. Geometrisches Nivellement

Beim differenziellen Nivellement wurde das digitale Nivellier DNA03 benutzt. Zusammen mit zwei Messlatten wurden die Linien von einem Zwischenpunkt zum Nächsten gemessen. Dabei haben wir zunächst die RVVR-Methode benutzt, das heißt Rückblick-Vorblick-Vorblick-Rückblick. Sowohl Rück- als auch Vorblick wurden zweimal gemessen und anschließend hat das Gerät automatisch eine Höhendifferenz gebildet. Um unsere Messungen direkt vor Ort kontrollieren zu können, haben wir den Messweg zweimal abgeschrieben. Hierbei haben wir den Höhenunterschied auf dem Hin- und Rückweg gemessen. Idealerweise sollte der Höhenunterschied zwischen Hin- und Rückweg Null betragen. Wurden bei der Messung Fehler gemacht, die außerhalb der Toleranzgrenze lagen, mussten die Messungen bzw. Teilmessungen wiederholt werden.

Folgende Ergebnisse konnten hierbei erzielt werden:

Punkt	Höhendifferenz Hinweg (zum Vorpunkt) [m]	Höhendifferenz Rückweg (zum Vorpunkt) [m]	Schleifen- abschlussfehler [mm]	Strecke [km]
603				
D2L	-2,1306	2,1303	0,3	0,18
E2	-3,3433	3,3443	1,0	0,25
E1	263,1782			1,05
GP8	-12,4257	12,4267	1,0	0,26
P3	-1,2099	1,2127	2,8	0,37
P2	2,7735	-2,7731	0,4	0,17
P1	-4,6557	4,6558	0,1	0,19
2008/08	-9,2316	9,2326	1,0	0,30

Tabelle 3: Ergebnisse: Geometrisches Nivellement

#### 3.3.2. Trigonometrische Höhenübertragung

Hier wurden die Tachymeter TS30 und TCRP1201 für die Messung benutzt. Der Aufbau der Messung war wie folgt: Oben sowie unten wurden die Tachymeter an einem Standpunkt aufgebaut. An einem gut sichtbaren Ort wurden die Reflektoren aufgestellt, so dass man sie von der Gegenseite sehen konnte. Wichtig bei der Messung des Reflektors der anderen Gruppe ist, dass man die Messung gleichzeitig startet. Per Handy wurde so ein Countdown gestartet, um die Messung gleichzeitig starten zu lassen. Nach 10 Vollsätzen, wobei ein Satz aus zwei Lagen besteht, wurden die Ergebnisse kontrolliert. Falls eine Standardabweichung für den Vertikalwinkel über 1 mgon lag, wurde der jeweilige Satz in beiden Gruppen gestrichen und musste neu gemessen werden. Das musste so oft wiederholt werden, bis mindestens 10 Sätze, mit einer im Toleranzbereich liegenden Standardabweichung, gemessen waren. Anschließend haben beide Gruppen den eigenen Reflektor in drei Vollsätzen angemessen. Im letzten Schritt wurde ein Reflektor auf den Festpunkten E1 und E2

aufgebaut und diese ebenfalls in drei Vollsätzen gemessen. Aus den gemessenen Distanzen und Winkeln konnte der Höhenunterschied zwischen E1 und E2 berechnet werden.

Folgende Ergebnisse konnten hierbei erzielt werden:

Gruppe	Höhendifferenz [m]	Standardabweichung [mm]	Gewichtung
1	263,1875	2,5	0,27
2	263,1740	3,4	0,15
3	263,1776	4,5	0,09
4	263,1706	2,5	0,29
5	263,1797	1,3	1,00
6	263,2102	4,5	0,08
8	263,1690	3,2	0,17
Gewichtetes Mittel aus allen Messungen:		263,1782	

*Tabelle 4: Ergebnisse Trigonometrische Höhenübertragung*

### 3.3.3. Gravimetrie

Im dritten und letzten Teil dieses Arbeitspakets wurden mit einem Gravimeter an allen Zwischen- und Festpunkten der Höhenübertragungs-Strecke die Schwerewerte gemessen. Die Schwerewerte werden in milliGal [mGal] gemessen. Da das Gravimeter lediglich Schweredifferenzen misst, musste der absolute Schwerewert eines Referenzpunktes bekannt sein.

An jedem Punkt wurden drei Messungen durchgeführt, die danach gemittelt wurden. Vorher wurden an den Werten jedoch noch die Höhen- und Atmosphärische Korrektur angebracht. Anschließend wurden die Werte ausgeglichen und man erhielt so die absoluten Schwerewerte jedes Punktes.

Mit diesen Schwerewerten, den Werten aus dem geometrischen Nivellement und der trigonometrischen Höhenübertragungen wurde nun eine Höhenausgleichung durchgeführt. Eine Schleife aus früheren Messungen wurde an unsere Festpunkte angeschlossen und wir konnten den Schleifenschlussfehler somit bestimmen.

### 3.4. Gesamtergebnis

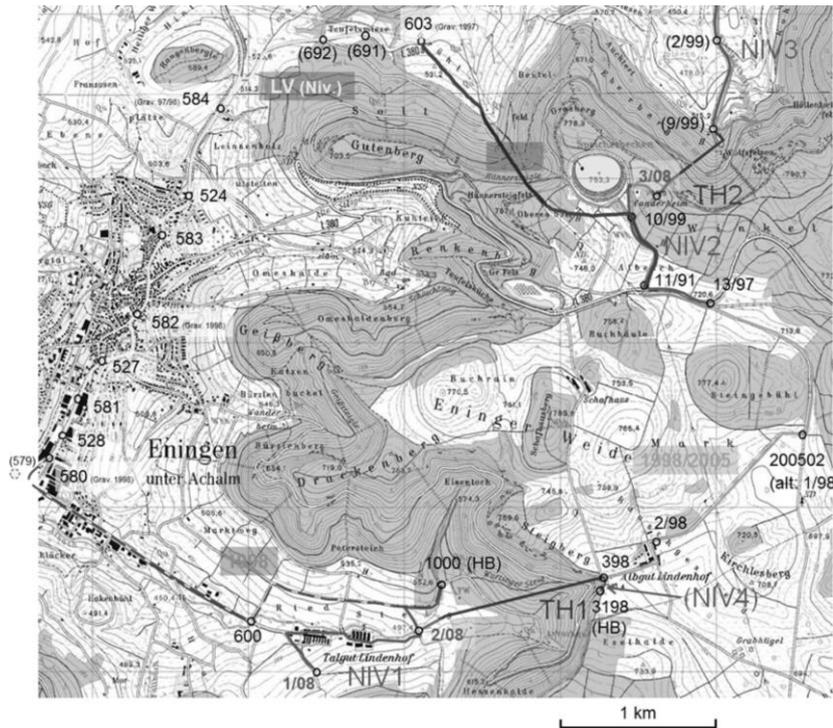


Abbildung 9: Gesamte Schleife

Hier sieht man die gesamte Schleife, die auch aus früheren Messungen besteht. Nun haben wir unsere Ergebnisse an die Werte der restlichen Schleife angeschlossen und folgenden Schleifenschlussfehler erhalten:

Gesamter Schleifenschlussfehler:	1,9 cm
----------------------------------	--------

Tabelle 5: Gesamtergebnis

## 4. Kinematische Erfassung der Zufahrtswege mit einem integrierten Navigationssystem

### 4.1. Einführung in die Thematik

Zur Erfassung von Zufahrtswegen im Messgebiet wird ein integriertes Navigationssystem, das in einem Fahrzeug installiert ist, verwendet. Dieses Navigationssystem besteht aus verschiedenen Sensoren, die durch eine Recheneinheit verknüpft sind. Die Sensoren umfassen eine Inertial-Messeinheit, einen Entfernungsmesser und zwei GPS-Antennen. Letztere bilden zusammen ein System zur Bestimmung des Azimut mittels GPS (GAMS), wobei eine der Antennen für konventionelle GPS-RTK-Messungen in Verbindung mit einer Referenzstation verwendet wird.

Diese Kombination von Sensoren liefert die Position, Geschwindigkeit und Ausrichtung des Fahrzeuges im Raum mit einer hohen Datenrate sowohl in Echtzeit als auch nach einer zusätzlichen Nachbearbeitung. Durch diese Verbindung von verschiedenen Sensoren können die Schwächen einzelner Systeme ausgeglichen werden. Zu diesen Schwächen zählen Lücken im GPS-Empfang und die fehlende Kontrollmöglichkeit der Positionen bei einem für sich stehenden inertialen Navigationssystem.

## 4.2. Vorbereitung vor dem Praktikum

Um die Daten der verschiedenen Sensoren miteinander verknüpfen zu können, mussten die Hebelarme zwischen den Referenzpunkten der einzelnen Sensoren bestimmt werden. Dies ist im Vorfeld des Praktikums auf zwei verschiedene Weisen erfolgt, um die Ergebnisse der beiden Methoden vergleichen und somit eine hohe Zuverlässigkeit erreichen zu können: Einerseits mit Hilfe der Methoden der Nahbereichsphotogrammetrie und zum anderen mit einem tachymetrischen Verfahren.



*Abbildung 10: Aufnahme des Messfahrzeugs mit einer kalibrierten, digitalen Spiegelreflexkamera*



*Abbildung 11: Automatische Aufnahme von am Fahrzeug befestigten Reflektoren mit einem Robot-Tachymter*

## 4.3. Durchführung der Messung



*Abbildung 12: Verfolgung der Echtzeit-Messergebnisse im Messfahrzeug*

Während des Praktikums wurden mit verschiedenen Gruppen von Studierenden Trajektorien vermessen, so dass insgesamt ein grobes Netz der Zufahrtswege im Messgebiet erfasst werden konnte. Vor jeder Messung musste zunächst ein geeigneter Standpunkt für eine GNSS-Referenzstation ausgesucht werden, der zu jedem Zeitpunkt eine angemessene Konfiguration der Basislinien für die Nachbearbeitung gewährleistet. Die Referenzstation war nicht durch eine Datenverbindung mit dem Messfahrzeug verbunden, sondern die Messergebnisse beider wurden erst in der Nachbearbeitung zusammengeführt.

Nachdem die Referenzstation an diesem Standpunkt, dessen Koordinaten aus den Berechnungen eines anderen Arbeitspakets bekannt sein müssen, aufgebaut worden war, konnte die Messung in der Regel nach einer kurzen Initialisierungsfahrt für das GAMS direkt vor Ort begonnen werden.

Eine Messung besteht daraus, dass mit dem Messfahrzeug Zufahrtswege befahren werden. Während das Hauptaugenmerk dieses Arbeitspakets auf der Analyse der nachbearbeiteten Messungen liegt, können auch bereits während der Messungen im Fahrzeug in Echtzeit Parameter wie Position, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Orientierung, und deren Genauigkeiten angezeigt werden. Außerdem ist aus der Software Applanix, die für die Zusammenführung der Sensoren und die Echtzeit-Anzeige verwendet wird, auch der Status jedes einzelnen Sensors ersichtlich, so dass bei Problemen sofort Maßnahmen ergriffen werden können.

Im Anschluss an die Messungen wurden die Ergebnisse ausgewertet. Dafür wurde die Software Applanix PosPac verwendet. Danach konnten die Koordinaten in ein lokales Gauß-Krüger-System abgebildet werden. Diese Transformationsschritte wurden mit der Software Matlab durchgeführt. Anschließend wurden die finalen Koordinaten in die Software ArcGIS importiert, um die Ergebnisse grafisch darstellen zu können.



*Abbildung 13: Aufbau einer Referenzstation im Feld*

#### **4.4. Ergebnisse**

Von den Mitgliedern eines anderen Arbeitspakets wurden ein georeferenziertes hochauflösendes Orthophoto und ein digitales Geländemodell bereitgestellt. In dieses konnten die Trajektorien eingefügt werden, um ihre Positionen mit den Zufahrtswegen in der Örtlichkeit vergleichen zu können.

Abbildung 14 zeigt, dass die Trajektorie der Messfahrt eindeutig der Straße und auch der Straßenseite, die befahren wurde, zugeordnet werden kann. Der Referenzpunkt der Trajektorienkoordinaten wird durch den Punkt, der sich am Fahrzeug direkt unterhalb des Entfernungsmessers auf Ebene der Fahrbahn befindet, definiert. Da der Entfernungsmesser an der linken Seite des Fahrzeugs angebracht ist, finden sich die Punkte der Trajektorien bei zweispurigen Straßen eher in der Straßenmitte. Die dargestellten Trajektorienpunkte stehen im Abstand von einer Sekunde zueinander.



Abbildung 14: Darstellung von zwei verschiedenen Trajektorien in der Umgebung eines innerörtlichen Kreisverkehrs

## 5. Vermarktung, Ausgleichung und Geländeaufnahme des Damm- und Speicherbecken-Areals

### 5.1. Übersicht



Abbildung 15: Karte des Damm- und Speicherbecken Areals

## **5.2. Vermarktung und Ausgleichung**

### **5.2.1. Einführung und Einleitung**

In diesem Arbeitspaket geht es darum, in den jeweiligen Gebieten (Damm- und Speicherbecken-Areals) ein Punktnetzwerk zu erstellen. Dies soll es anderen Arbeitspaketen ermöglichen eine freie Stationierung durchzuführen, um sich zu georeferenzieren.

Hierfür sollten in jedem Gebiet jeweils fünf Punkte erfasst, vermarktet und gekennzeichnet werden. Dieses Unterfangen erwies sich jedoch als schwerer als erwartet, da die Sichtverhältnisse im Damm-Areal durch die vielen hohen Bäume stark beeinträchtigt waren. Im Speicherbecken-Areal war es hingegen wesentlich einfacher diese Punkte zu finden. Einer der Hauptgesichtspunkte der Punktauswahl war, dass jeder Punkt von jedem anderen Punkt zwischen 500-1000 m entfernt sein musste und jeder Punkt von allen anderen aus gesehen werden musste. Dies war leider nicht immer realisierbar.

Nachdem die Punkte ermittelt, vermarktet und die DreifüÙe (samt Reflektoren) aufgestellt waren, konnte mit der Messung der Richtungen und Horizontalstrecken zwischen den einzelnen Punkten begonnen werden. Hierbei war zu beachten, dass man von jedem Punkt aus jeden anderen anzielt, sowohl in Erster als auch in Zweiter Lage und dies dann in insgesamt drei Vollsätzen durchführt. Anschließend ist die Fehlerberechnung durchzuführen und sofern man unterhalb der 3 mgon Grenze liegt, konnte man zum nächsten Punkt weiter und fing wieder von vorne an. Sollte man diese Grenze nicht eingehalten haben, so musste ein Vierter Vollsatz (und eventuell weitere) gemessen werden.

Wenn man alle Messungen auf allen Punkten abgeschlossen hat (und die Genauigkeit von 3 mgon überall erreichte) musste nur noch eine Berechnung mit Hilfe des "PANDA" - Programms durchgeführt werden.

Das Ziel dieses Arbeitspaketes war es, Gauß-Krüger-Koordinaten dieser Punkte zu erhalten, welche dann von anderen Arbeitspaketen für ihre freie Stationierung verwendet werden konnten.

### **5.2.2. Theorie hinter diesem Arbeitsteil**

Bei einer freien Ausgleichung wird das Netz, so wie es vermessen wurde, ausgeglichen. Hierbei wird der Rangdefekt zunächst ignoriert. Anschließend wird mit Hilfe von Passpunkten in das System schon bestehender Vermessungspunkte transformiert. Die Koordinaten dieser Vermessungspunkte liegen meist im übergeordneten System vor und müssen noch ins lokale System umgerechnet werden. Am einfachsten ist es, wenn man einen der Punkte als Ursprung des lokalen Systems definiert. Die freie Ausgleichung eignet sich sehr gut zum Aufdecken grober Fehler in den Messwerten und der inneren Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Messwerte. Ein weiterer Vorteil ist, dass objektive GenauigkeitsmaÙe erhalten werden, da die Koordinaten aller Netzpunkte als Unbekannte in die Ausgleichung eingehen.

Die Berechnung der endgültigen Koordinaten erfolgt durch dynamische Ausgleichung mit angemessener Gewichtung der Anschlusspunkte oder Transformation eines freien Netzes. Hierdurch wird eine homogene Verbindung zwischen den Beobachtungen mit hoher Genauigkeit und den spannungsfreien Anschlusspunkten erreicht.

Die Netzausgleichung und die Transformation wurden separat durchgeführt, um die Geometrie des Netzes zu bewahren. Diese würde verloren gehen, wenn die globalen Koordinaten als Zwang in die Ausgleichung eingehen.

### 5.2.3. Ergebnisse dieses Arbeitsteils

Als Ergebnisse dieses Arbeitspaketes waren Gauß-Krüger Koordinaten zu erwarten, die eine Genauigkeit im cm-Bereich aufweisen sollten. Die von uns ermittelten Ergebnisse sehen wie folgt aus:

	Gruppe 1 + 3	Gruppe 2	Gruppe 4	Gruppe 5	Gruppe 6 + 8	Gruppe 7
Bedingungsichte	0,17	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Genauigkeit [mm]						
A	-	10,4	10,4	-	10,4	-
B	-	17,8	17,8	-	17,8	-
C	-	9,2	9,2	-	9,2	-
D	-	12,7	6,6	-	7,0	-
E	-	20,8	9,0	-	9,6	-
F	6,0	-	-	6,0	-	6,0
G	8,3	-	-	8,3	-	8,3
H	37,5	-	-	15,9	-	15,6
I	39,4	-	-	20,6	-	20,7
J	16,0	-	-	29,6	-	29,7

*Tabelle 6: Ergebnisse der Genauigkeit der einzelnen Gruppen in [mm]*

### 5.2.4. Diskussion der Ergebnisse

Die Ausgleichung der lokalen Netze verlief gut und die lokalen Genauigkeiten sind zufriedenstellend. Dies liegt unter anderem an der guten Geometrie der Netze und der hohen Redundanz.

Die Genauigkeit der Messungen wurde allerdings von mehreren Problemen negativ beeinflusst. Zum Ersten trat ein Genauigkeitsproblem mit einem der Tachymeter auf, das jedoch durch eine Vielzahl von Messsätzen umgangen werden konnte. Auch die zur Markierung verwendeten Holzpflocke waren ungeeignet, da sie nicht ausreichend fixierbar waren. Auch die Unerfahrenheit der messenden Personen verhinderte die Erreichung der möglichen Messgenauigkeit der Geräte.

Die Transformation in Gauß-Krüger-Koordinaten übernahm eine eigens dafür geschriebene MATLAB-Funktion. Sie musste jedoch für das Speicherbecken Areal bearbeitet werden, da dort nur zwei Anschlusspunkte zur Verfügung standen. Dies ist wohl der problematischste Punkt des Projekts, da durch den damit einhergehenden Mangel an Redundanz keine Kontrolle möglich ist. Dies spiegelt sich auch an der hohen horizontalen Standardabweichung dieses Gebietes wieder.

## 5.3. Geländeaufnahme

### 5.3.1. Einführung und Einleitung

In diesem Arbeitsteil geht es darum, eine freie Stationierung in den beiden Gebieten durchzuführen, die markantesten Punkte zu erfassen und das Ergebnis in einer geeigneten Karte darzustellen. Hierfür wird meist eine ArcGIS-Karte oder ein Orthophoto verwendet.

### 5.3.2. Theorie hinter diesem Arbeitsteil

Ziel dieses Arbeitsteiles ist es, eine möglichst gute Karte der beiden Gebiete zu erhalten. Diese Karte soll alle markanten Merkmale wie Straßen, Bäume, Lampen, Straßenschildern, Abwasserdeckel,... enthalten, damit sich auch ein Ortsfremder einen sehr guten Überblick über das betreffende Gebiet schaffen kann und bereits im Vorfeld einige Planungen und Berechnungen vornehmen kann. Aufgenommen werden die Punkte polar mit Hilfe eines Tachymeters, wodurch sie direkt von der Software global referenziert werden können.

### 5.3.3. Fertige Karte projiziert auf Orthophoto

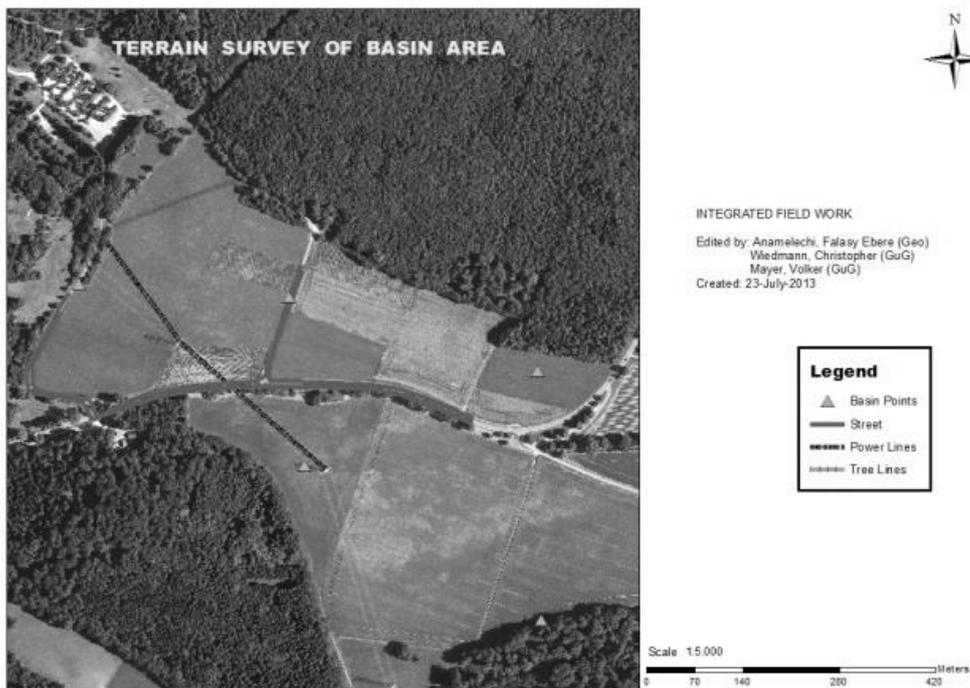


Abbildung 16: Karte des Speicherbecken Areals

## 6. Kalkulation der Wasserleitung und Absteckung der Überwachungsgebäude

### 6.1. Überblick

Unsere Aufgabe ist die Berechnung und Absteckung der Wasserleitung und Überwachungsgebäude.

Im Vorfeld planten wir eine gerade linienförmige Wasserleitung mit 2D-Koordinaten und Höheninformationen. Bei der praktischen Arbeit wurden alle geplanten Punkte mittels Tachymeter (Leica TS30) abgesteckt.

### 6.2. Durchführung

#### 6.2.1. Bestimmung der Anfangs- und Endpunkte

Die frei bestimmten Anfangs- und Endpunkte sollen möglichst gute Sichtverbindungen mit allen fünf Referenzpunkten haben. Unter diesem Prinzip wurden zwei Punkte mit Hilfe der Software ArcGIS ausgewählt.

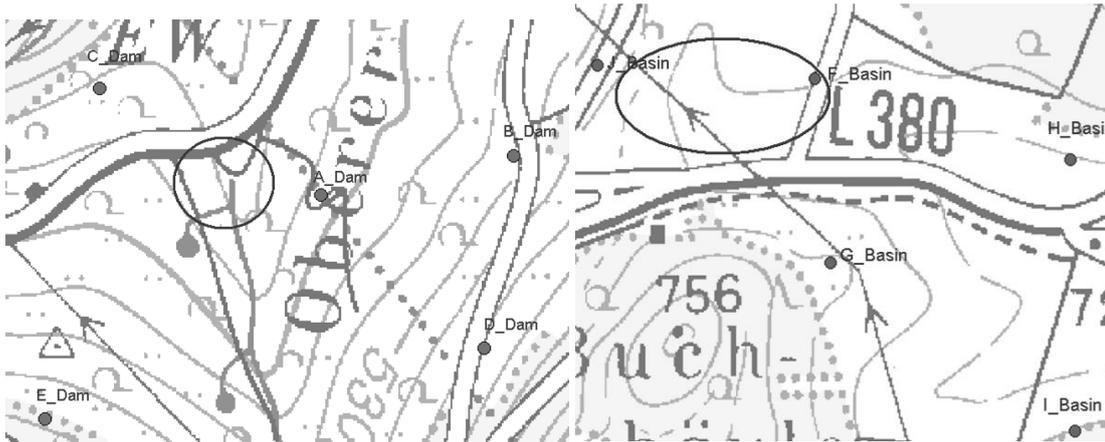


Abbildung 17: Optimales Gebiet für Anfangs- und Endpunkt

### 6.2.2. Berechnung mittels Matlab

Hierzu wurde nun zwischen den zwei Punkten eine lineare Interpolation mit Hilfe von Matlab durchgeführt. Die Zwischenpunkte wurden mit einem Intervall von 5 m berechnet.

Für die praktische Feldarbeit wurden jeweils ca. 20 Punkte im Damm- und Speicherbecken Gebiet ausgewählt und in das Tachymeter importiert.

### 6.2.3. Planung der Gebäude

Die vier Eckpunkte pro Gebäude wurden manuell in der Software markiert und visualisiert. Es wurde berücksichtigt, dass alle Punkte nicht im Wald oder Ackerland liegen sollten.

### 6.2.4. Höheninformationen der Punkte

Mit Hilfe von ArcGIS wurden Höheninformationen für alle Punkte aus dem DGM von diesem Gebiet extrahiert, sodass für jeden Punkt 2D-Gauß-Krüger-Koordinaten und Höheninformation vorlagen.

### 6.2.5. Daten Import

Im Vorfeld wurden die Koordinaten der abzusteckenden Punkte und die Koordinaten der Referenzpunkte, die vom Arbeitspaket 5 bereitgestellt wurden, ins Instrument Leica TS30 manuell importiert.

### 6.2.6. Freie Stationierung

Der Gerätestandpunkt wurde mit Berücksichtigung der Sichtverbindungen zu den Referenzpunkten frei gewählt. Bei der freien Stationierung sollten mindestens 3 Referenzpunkte verwendet werden. Das Tachymeter berechnete automatisch die Koordinaten des Standpunktes aus den gemessenen und den gespeicherten Daten.

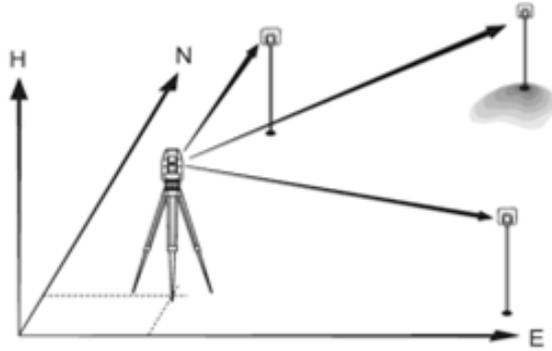


Abbildung 18: Freie Stationierung

### 6.2.7. Absteckung

Mithilfe des „Absteck“-Menüs wurden anschließend die Punkte in die Örtlichkeit übertragen. Ein Kollege nahm den Reflektorstab und verschob diesen nach der Anweisung des Kollegen am Tachymeter. Sobald die Differenz von Quer- und Längsabweichung zwischen dem aufgehaltene Punkt und der Soll-Position klein genug war, wurde ein Holzpflock in den Boden gerammt. Auf dem Holzpflock wurde mit erneuter Messung die exakte Position mit Kreide markiert.

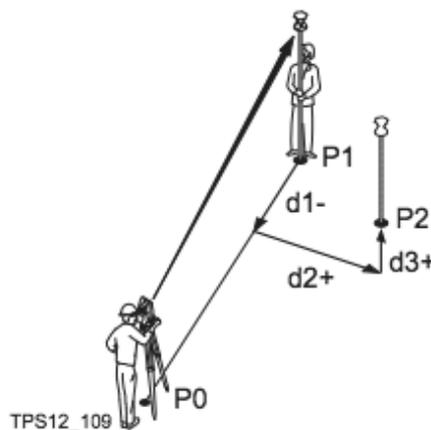


Abbildung 19: Funktionsweise der Absteckung (Orthogonal-Verfahren)

### 6.2.8. Kontrollmessung

Zur Kontrolle wurden die abgesteckten Punkte noch einmal mit den Soll-Koordinaten verglichen.

### 6.3. Ergebnisse

Gruppe 5 steckte im Feld 4 Eckpunkte eines Gebäudes und 3 Punkte der Wasserleitung am Speicherbecken ab. Allerdings wurden wegen des Regens keine Kontrollmessungen durchgeführt, weshalb nur Ergebnisse im Damm-Gebiet verfügbar sind.

PtID	Rechts[m]	Hoch[m]	Diff_X[m m]	Diff_Y[m m]	Total_Diff[m m]
1A	3521383.4 23	5373897.1 12	7	-13	15
2A	3521386.5 33	5373893.1 53	-23	7	24
3A	3521389.5 81	5373889.2 27	9	-6	11
4A2	3521392.6 61	5373885.2 80	8	3	9
DAM_B1 A	3521393.3 63	5373874.1 82	-1	3	9
DAM_B4 A	3521376.4 43	5373862.8 07	-1	14	14

Tabelle 7: Ergebnisse der Kontrollmessung am Damm

### 6.3.1. Abweichung

Minimum [mm]	Mittelwert [mm]	Maximum [mm]
9	13.7	24

Tabelle 8: Abweichung der Koordinaten am Damm

Im idealen Fall sollen die Differenzen zwischen Soll-Werten und Ist-Werten Null sein. Mit Berücksichtigung der Verschiebung der Holzpflocke und der nicht exakten Horizontierung der Reflektoren liegen die Abweichungen trotzdem noch im Akzeptanzbereich.

## 7. Aufnahme von Gebäuden mit terrestrischer Photogrammetrie

### 7.1. Einleitung

Das Ziel von Arbeitspaket 7 ist die Erstellung eines 3D-Modells mehrerer Gebäude, welches zu Visualisierungszwecken verwendet werden kann.

Mit Hilfe von terrestrischer Photogrammetrie, also dem Aufnehmen von Bildern des Gebäudes und Erstellen des 3D-Modells mit entsprechender Software, soll ein passendes Model erstellt werden, welches dazu noch georeferenziert ist. Neben AgiSoft PhotoScan kamen auch SURE und CloudCompare zum Einsatz. Als Kamera wurde die RICOH GXR verwendet.

### 7.2. Arbeitsschritte

#### 7.2.1. Marker anbringen

Als erster Schritt wurden die vor dem integrierten Praktikum erstellten Marker an den Gebäuden aufgebracht. Mindestens vier Marker pro Seite sowie eine möglichst gleichmäßige Verteilung waren die wichtigsten Anforderungen hierfür. Auf der einen Seite des kleineren Gebäudes (Garage) wurde zudem mit 4x4 Markern ein Kalibrierungsfeld aufgebaut.

### 7.2.2. Tachymeteraufnahme für spätere Georeferenzierung

Als nächster Schritt wurden pro Gebäude mindestens vier Marker mit dem Tachymeter angemessen, um ihre Gauß-Krüger-Koordinaten zu bestimmen.

### 7.2.3. Bilderaufnahme

Es war nicht immer möglich die Bilder perfekt nach Plan aufzunehmen, da die Gebäude von Autos, Bäumen, Hinweisschildern und Ähnlichem verdeckt waren. Dafür wurden dann aus anderen Lagen durch verschiedene Kamerawinkel diese Bereiche abgedeckt. Auch wichtig war, dass die Nachbarschaft der Gebäude auf den Bildern zu sehen ist, um später eine bessere Kamerapositionsbestimmung durchführen zu können. Bei der Kamera selbst war wichtig, dass der Fokus abgeklebt war und so für alle Bilder gleich war. Des Weiteren gab es Probleme mit unterschiedlichen Lichtverhältnissen. Während einige Seiten komplett im Schatten lagen und somit durch eine erhöhte Belichtungszeit gleichmäßig heller gemacht werden konnten, waren anderen Seiten zweigeteilt. Um Marker sowohl auf dem Schatten- wie auch auf dem Sonnenteil sehen zu können, musste die Belichtungszeit entsprechend angepasst werden.



Abbildung 20: Licht - Schatten



Abbildung 21: Hindernis Auto

### 7.2.4. Georeferenzierung

Aus dem Tachymeter wurden die lokalen Koordinaten der Kontroll- und Neupunkte ausgelesen. Dazu waren dann die globalen Koordinaten der Kontrollpunkte gegeben und so konnten nun die lokalen Koordinaten der Neupunkte in globale Gauß-Krüger-Koordinaten umgerechnet werden. Wir verwendeten eine 2D-Transformation. Um auch die Höhen für die spätere Berechnung zur Verfügung zu haben, wurden diese in lokalen Koordinaten beibehalten.

### 7.2.5. Software

Nach Laden der Bilder in die Software AgiSoft PhotoScan wurden die auf den Gebäuden platzierten Marker vom Programm automatisch bestimmt. Leider war dieser automatisierte Schritt nicht immer erfolgreich und so war eine manuelle Kontrolle unerlässlich.

Weitere Probleme entstanden dadurch, dass beispielsweise der Himmel rekonstruiert wurde. Als Problemlösung wurden die Bilder durchgegangen, die Himmelsausschnitte markiert und aus den Bildern entfernt. Zudem sorgten auf einer Hauswandseite bewegte Schatten für Probleme. Die Blätter eines Baumes, die vom Wind bewegt wurden, sorgten für unterschiedliche Schattenbildungen und brachten bei der Bestimmung der Kamerapositionen und Erstellung der Punktwolke Probleme mit sich, da das Programm bestimmte Muster auf verschiedenen Bildern nicht immer an der gleichen Stelle erkennen konnte.



Abbildung 22: Kamerapositionen



Abbildung 23: Himmel und Schattenwand

Nachdem die im vorherigen Schritt bestimmten globalen Koordinaten für die entsprechenden Marker eingegeben wurden, war das Ergebnis auch sofort georeferenziert.

Mit der SURE-Software wurden Punktwolken durch Vergleiche jeden Bildes mit allen anderen Bildern, die gleiche Punkte darstellen, erstellt.

Die nächste verwendete Software war CloudCompare, in welcher alle erstellten Punktwolken zu einer zusammengefügt werden konnten. Mit dem SOR-Filter (StatisticalOutlierRemoval) wurden statistische Fehlerpunkte entfernt. Dies sorgte leider auch dafür, dass Teile des Daches verschwanden, bei denen die Punktdichte nicht groß genug war.

### 7.3. Ergebnisse

Da sowohl die Garage als auch die Scheune georeferenziert wurden, war es möglich beide Ergebnisse zu einem Gesamtmodell zu kombinieren.

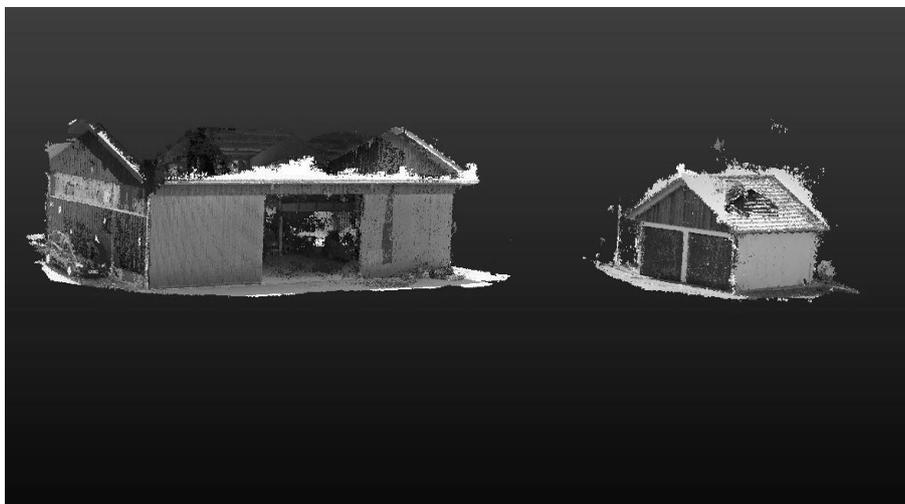


Abbildung 24: Ergebnis Garage und Scheune

## 8. Gebäudeaufnahme mit terrestrischem Laserscanning

### 8.1. Einführung

Ziel des Arbeitspaketes 8 war eine Gebäude- und nahe Umgebungsaufnahme im Bereich des EnBW-Kraftwerks am unteren Stausee unter Verwendung eines terrestrischen Laserscanners.

Für unsere Arbeiten wurde der Laserscanner „FARO Focus 3D“ mit einer entsprechenden Software („Faro SCENE“) verwendet. Für die Zielmarkenevaluierung wurde das Programm „GOM Inspect“ verwendet.

### 8.2. Theorie

#### 8.2.1. Verfahren zur Gebäudeaufnahme

Zunächst sollte eine freie Stationierung durchgeführt werden, um Koordinaten von Zielmarken bestimmen zu können, die anschließend zur Georeferenzierung der Scans dienen sollten. Da jedoch keine verfügbaren globalen Koordinaten in der Region um den unteren Stausee verfügbar waren, wurden zunächst nur lokale Koordinaten von neu gewählten und von uns vermarkten Festpunkten im Bereich um den Parkplatz sowie die Koordinaten der zur Georeferenzierung notwendigen Zielmarken aufgenommen. Aus diesen lokalen Koordinaten wurde im Anschluss ein Plan erstellt und an Kommilitonen übergeben, die mittels RTKGPS-Messungen die globalen Gauß-Krüger-Koordinaten bestimmen sollten.



Abbildung 25: Skizze der verwendeten Koordinaten (Festpunkte und Checkerboards)

Nachdem uns die globalen Gauß-Krüger-Koordinaten von Arbeitspaket 2 zur Verfügung gestellt wurden, konnte eine freie Stationierung durchgeführt werden. Dazu wurde das Tachymeter TC307 mit integrierter Software zur freien Stationierung verwendet. Anschließend wurden die globalen Koordinaten der zuvor angebrachten Zieltafeln mittels tachymetrischer Punktaufnahme bestimmt.

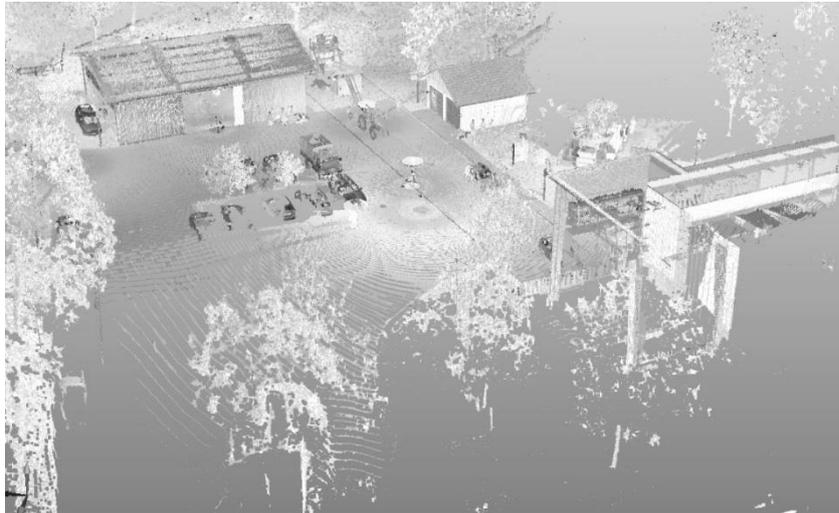
Bevor man mit dem Laserscanning beginnen kann, sind sphärische und planare Zielmarken so aufzustellen bzw. anzubringen, dass in jedem aufeinanderfolgenden Scan mindestens vier identische Zielmarken vorhanden sind. Es wurden acht Zielkugeln aufgestellt, sowie diverse Zielmarken an das aufzunehmende Gebäude angebracht.

Insgesamt wurden von uns auf acht Standpunkten und von Gruppe 5 auf zwei weiteren Standpunkten Scans durchgeführt

## 8.3. Resultate und Schlussfolgerungen

### 8.3.1. Scanergebnisse

Beim Einlesen der Punktwolken und anschließender Registrierung unserer sieben Scans sind keine Probleme aufgetreten. Das aufgenommene Gelände ist klar zu erkennen und die mittleren Spannungen der einzelnen Scans liegen bei maximal 5,5 mm im Scan 33 (erster Aufnahmestandpunkt).



*Abbildung 26: 3D-Punktwolke nach Registrierung*

Anschließend wurden die durch den Scanner aufgenommenen Bilder in die Punktwolke eingeführt und eine Georeferenzierung durchgeführt.



*Abbildung 27: Kolorierte 3D-Punktwolke*

# Große Geodätische Exkursion

31. März – 04. April 2014

Das Studienprogramm der Geodäsie und Geoinformatik an der Universität Stuttgart bietet seinen Master-Studenten die Möglichkeit, auf der großen geodätischen Exkursion verschiedene praktische Anwendungen der Geodäsie und Geoinformatik auf internationaler Ebene kennenzulernen.

Die vier Institute – Institut für Ingenieurgeodäsie (IIGS), Geodätisches Institut (GI), Institut für Navigation (INS) und das Institut für Photogrammetrie (IFP) – wechseln sich bei der Organisation dieser mehrtägigen Exkursion jährlich ab und führen die Studenten in verschiedene Länder Europas und an für uns Geodäten interessante Orte.



Die diesjährige Exkursion führte uns nach Paris, wo das Urmeter beheimatet ist. Das von Herrn Prof. Dieter Fritsch, IFP, organisierte Programm ermöglichte uns Einblicke in das amtliche französische Vermessungswesen durch einen Besuch beim IGN, dem „Institut National de l'Information Géographique et Forestière“. Die zum IGN gehörende „L'École De La Geomatique“ (ENSG) zeigte uns das Ausbildungssystem französischer Ingenieure. Zum Abschluss wurde uns das Privileg zuteil, in das internationale Hauptquartier der „European Space Agency“ (ESA) eingeladen zu werden. Dort konnten wir uns ein Bild vom Aufbau und den vielfältigen Forschungsthemen machen.

Neben den fachlichen Ausflügen blieb uns aber dennoch genügend Zeit, die Sehenswürdigkeiten von Paris anzuschauen. Wir waren am Eiffelturm,

im Louvre und im Schloss Versailles, bei den Kirchen Sacré Cœur und Notre Dame.



*Exkursionsteilnehmer mit Dr. Michael Cramer um den „Point Zero“ vor der Kathedrale Notre Dame*

## IGN – Institut National de l'Information Géographique et Forestière



# IGN

INSTITUT NATIONAL  
DE L'INFORMATION  
GÉOGRAPHIQUE  
ET FORESTIÈRE

Das IGN ist eine weltweit sehr renommierte Einrichtung im Bereich der Geoinformatik und konzentriert sich auf die Fachgebiete Geodäsie, Meteorologie, Kartographie, Datenbanken und GIS. Seit kurzem wurde auch die Forstwirtschaft an das IGN angegliedert. Die Hauptaufgaben des IGN bestehen aus der Bestimmung der physikalischen Geometrie der französischen Landesfläche, der Entwicklung des ländlichen und urbanen Raumes, sowie der Unterstützung des Militärs. Darunter fallen insbesondere die Infrastruktur, Umweltüberwachung und das französische INSPIRE-Geoportal. Das IGN bildet eine Vielzahl seiner Mitarbeiter in ihrer School of Geomatics (ENSG) selbst aus und betreibt zudem viel Forschungsarbeit in diversen Fachgebieten.

Die staatliche Behörde hat ca. 1650 Mitarbeiter, aufgeteilt auf fünf Forschungslabore, einem Space Center und einer Abteilung für Bildmessflüge. Der Großteil davon arbeitet in der Produktion und im Vertrieb, ca. 100 in der Forschung und weitere 130 im Lehrbetrieb. Das Jahresbudget vom IGN beläuft sich auf 160 Millionen Euro.

### **Innovation for Development: „IGN Brutkasten“**

Der „Brutkasten“ ist ein Projekt des IGN, das Forschern und Unternehmen helfen soll, ihre Ideen und Projekte zu realisieren. Hierbei handelt es sich hauptsächlich um technische Unterstützung wie z.B. den Zugriff auf Datenbanken, jedoch auch um geschäftliche und finanzielle Förderung in Höhe von bis zu 100.000 €. Unter anderem werden für ausgewählte Projekte Büroflächen in den Räumlichkeiten des IGN angeboten, um eine Zusammenarbeit zwischen externen Projektpartnern und dem IGN besser zu ermöglichen. Förderwürdig sind innovative Projekte, die in Verbindung mit dem Fachwissen und den Daten des IGN stehen sowie wirtschaftliches Potential aufweisen. Die Initiative startet Mitte dieses Jahres und stößt bisher bereits auf großes Interesse.

### **Forschung am IGN**

Am IGN sind folgende vier Forschungsinstitute ansässig, welche an verschiedenen Themen zur Nutzung von Geoinformation arbeiten.

- COGIT: Institut für Objektdarstellung und Generalisierung Topographischer Information
- LAREG: Institut für Geodäsie
- LOEMI: Institut für Optik und Micro-Computer
- MATIS: Institut für Photogrammetrie, Computer Vision und Fernerkundung

Ein weiteres Institut, das LGA, ist am ENSG der zum IGN gehörenden Schule untergebracht.

Während unseres zweitägigen Aufenthalts am IGN und der ENSG bekamen wir tiefere Einblicke in die verschiedenen Forschungsbereiche der zum IGN gehörigen Institute COGIT, LAREG, LOEMI und MATIS.

### **LAREG**

Das am IGN ansässige Institut für Geodäsie beschäftigt sich im Wesentlichen mit vier Themenbereichen. Zum einen die räumliche Geodäsie. Untersucht werden Raumberechnungsverfahren wie SLR, LLR, VLBI, GNSS und das eigene französische DORIS. Ein großes Ziel ist hierbei, die Informationen der einzelnen Systeme nicht erst in den ausgewerteten Ergebnissen, sondern bereits die entsprechenden Rohdaten miteinander zu vergleichen. Dieser als COL („Combination at the Observation Level“) bekannte Prozess wird gemeinsam mit dem „International Earth Rotation and Reference Systems Service“, kurz IERS, erforscht und entwickelt.

In dieser Kooperation wird ebenfalls an der Realisierung des International Terrestrial Reference Frames, ITRF gearbeitet. In der Forschungsarbeit stehen neben der Datenaktualität auch die ITRF Genauigkeit und die Weiterentwicklung der CATREF Software zur Kombination und Analyse verschiedener Referenzrahmen im Fokus.

Erforscht werden des Weiteren die mathematischen Probleme und Modelle der kinetischen Gastheorie. Erkenntnisse aus diesem Gebiet sollen die Genauigkeit der Bestimmung von Orbits verbessern. Weitere mathematische Themen sind Optimierung von „nicht-linearen Problemen“ und die Wellenlängenanalyse von Schwerfeldern.

Der letzte Bereich beschäftigt sich mit meteorologischer Gravimetrie. Ziel ist es hier mittels luftgestützter Gradiometer den Wassergehalt der einzelnen Schichten der Atmosphäre zu bestimmen. Besonders die zeitliche Änderung ist interessant für die Modellierung von Refraktionseffekten. Solche Modelle werden benötigt, um die vertikale Genauigkeit verschiedenster Erdbeobachtungsverfahren steigern zu können.

## LOEMI

Das Institut LOEMI (Labor für Optik und Micro-Computer) entwickelt Instrumente, die den IGN spezifischen Produktions- und Forschungsbedürfnissen genügen sollen. LOEMIs Fachkompetenz reicht hierbei vom mechanischen Design bis zur hardwarenahen Software-Entwicklung unter Verwendung von Optik und Elektronik. Die Labortätigkeiten fokussieren sich auf zwei Schwerpunktthemen:

### Photogrammetrie

- Digitale Kameras in enger Zusammenarbeit mit IGNs Produktionsabteilungen – den Abteilungen für Luftbildvermessung und Bilddatenbanken Stabilisierter Plattformen
- Kamerakalibrierung

### Messtechnik

- Raman-Lidar in Zusammenarbeit mit dem Labor LAREG und LATMOS
- GeoCube in Zusammenarbeit mit der SGN und SolData und Teilnahme an dem europäischen Projekt SANY und Pole Paris-Est

### CAMV2



Die Entwicklung von Digitalkameras im LOEMI begann in den 1990er Jahren. Nach dem ersten Prototyp wurden zwei Generationen von Digitalkameras hergestellt. Das Projekt Digitalkamera-Version 2 (CAMV2) wurde im Jahr 2006 ins Leben gerufen, um eine digitale Luftbild-Kamera der neuen Generation zu entwickeln.

Neue Sensoren, ein neues Elektronik-Design, neue Mechanik sowie ein neues Interface wurden entwickelt, lediglich der modulare Aufbau sowie die Symmetrie des ehemaligen Prototyps wurden beibehalten.

Das Kamera-System basiert auf acht synchronisierten Kameraköpfen, die in zwei Klassen unterteilt werden: ein Multi-Spektral-Subsystem mit niedriger Auflösung und ein hochauflösendes panchromatisches Subsystem. Das Endergebnis ist eine Fusion von Bildern mit 155 Megapixeln.

## GeoCube



Die GeoCubes wurden ursprünglich entwickelt, um Erdbeben in Risikogebieten zu überwachen. Hierfür wird ein ganzes Netzwerk von GeoCubes installiert. Die Kommunikation zwischen den Knoten des Netzes erfolgt kabellos über Funkwellen. Das Basisgerät ist mit einem low-cost GPS-Empfänger und einer kabellosen Kommunikationseinheit ausgestattet. Je nach Anforderung kann die Geräteausstattung mit zusätzlichen Sensormodulen wie z.B. meteorologischen oder seismologischen Sensoren erweitert werden. Daten können kontinuierlich aufgezeichnet und an einen Auswertecomputer übertragen wie auch direkt in den Geräten auf Micro-SD-Cards gespeichert werden.

## MATIS

Das MATIS Forschungslabor (Photogrammetrie, Computer Vision und Fernerkundungslabor) verfolgt das Ziel, die Produktionsprozesse zur Erfassung der Bild- und Vektordatenbestände aus „Rohbilddaten“ zu verbessern bzw. zu aktualisieren. Das Labor unterstützt vielseitig die Produktionsabteilungen des IGN, z.B. automatische Georeferenzierung von Katastereintragungen, Vektorisierung des Flurstücksdatenbestandes (BD parcellaire ©), Segmentierung und Klassifizierung von Vegetationintegrierte Orthophoto-Analyse und Aufbau und Design eines großmaßstäblichen 3D Datenbestandes.

Das Labor ist in fünf Forschungsgebiete unterteilt:

- SYMPA: Datenerfassungssysteme (z.B. eigenes Mobile Mapping System), Systeme zu Datenaktualisierung, Eigenentwicklung webbasiertes 3D-Stadtmodelle auf der Basis von WebGL – Erweiterung mit animierten Inhalten (Fußgänger, fahrende Autos ...)
- ASPRI: physikalische Analyse, Klassifizierungen, physikalische Synthese, graphische Synthese, Signalverarbeitung
- EPARS: Geometrische Kalibrierung von Sensoren, Dense Image Matching, Registrierung von Laserdaten und Bildern, Überlagerung von Multispektralbildern
- ARECOS: Analyse und Rekonstruktion von Szenen, Gebäuderekonstruktion, Fassadenanalyse
- DATCAL: Bodennutzung und Change Detection

Stellvertretend von den sehr zahlreichen Aktivitäten dieses Labors sollen hier zwei erwähnt werden.



*Mobile Mapping System des IGN*

Das MATIS verfügt über ein eigenes Mobile-Mapping-System. Das Fahrzeug ist ausgestattet mit neun Kameras, mehreren Laserscannern, einem Radarsensor, zwei GPS-Empfängern, vier Computern und zahlreichen Batterien, welche die benötigte Energie für die Aufnahmesysteme zur Verfügung stellen. Sämtliche Sensordaten werden zeitlich synchronisiert aufgezeichnet. Die neun Kameras erfassen die Umgebung panchromatisch und multispektral 360° rundum und in Zenitrichtung. GPS und

Radsensor liefern hierbei die Positionsdaten für das Gesamtsystem.

Das IGN erstellt momentan ein virtuelles Stadtmodell von ganz Paris. Grundlage hierfür sind die Daten aus der Erfassung mit dem Mobile-Mapping-System. Die Daten sollen in naher Zukunft über ein eigenes Webinterface öffentlich zur Verfügung gestellt werden. Neben den von anderen Anbietern bekannten 3D-Rekonstruktion beschäftigen sich am IGN darüber hinaus mit folgenden Aufgaben und Fragestellungen:

- Fassadenverdeckungen durch Bäume und Fahrzeuge, automatische Eliminierung der Verdeckungsobjekte möglich?
- Automatische Erkennung der Strassenschilder in den Daten, Modellierung der Strassenschilder und Bäume im virtuellen Stadtmodell. Modellierung von Straßenmarkierungen wie Zebrastreifen. Simulation von Straßenverkehr (Fahrzeuge und Passanten) mit möglichst realitätsnahen Bewegungsabläufen zur besseren Planung des Ausbaus von Städten.

## **COGIT**

COGIT Labor ("Kartographie und Geomatik") ist zuständig für die Verwaltung, Verteilung und Darstellung verschiedenster geographischer Daten für die öffentliche Nutzung der vom IGN erhobenen Daten.

Das Forschungslabor ist in mehrere Forschungsprojekte unterteilt:

- Raumanalyse und ihre Dynamik, Analyse der räumlichen Phänomene und deren Dynamik durch räumlich-zeitliche Modelle, Data Mining und Analyse der territorialen Dynamik.
- Qualifikation und Interoperabilität von Geodatenbanken: Ziel dieses Projekts ist es, die Daten aus externen Quellen zu qualifizieren und diese dann zu verbreiten und in die eigene Dateninfrastruktur aufzunehmen.
- Mapping, grafische Semiologie, Verallgemeinerung, Legenden-Entwurf: Diese Abteilung beschäftigt sich mit der Automatisierung bei der Gestaltung einer Karte durch mehrere Schritte der Generalisierung.

## L'École De La Geomatique (ENSG)

Nachdem wir am Vormittag an der ENSG noch Präsentationen des IGN kennenlernen konnten, begann nun der eigentlich Teil an der ENSG mit Besuch der Mensa. In der Mittagspause hatten wir die Möglichkeit, die nähere Umgebung der Lehranstalt zu begutachten. Besonders eindrucksvoll waren die moderne Bauweise der Gebäude, insbesondere die große Eingangshalle und die reichlich vorhandenen Sportstätten.



Nach der Mittagspause fanden dann 3 Vorträge zur ENSG statt.

### Vortrag 1: Raphaëlle Héno

#### **„Allgemeine Informationen zur ENSG und zum Fachbereich Remote Sensing/Photogrammetrie“**

Die ENSG, gegründet 1941, bildet zurzeit ca. 250 Studenten für das „Institut National de l'Information Géographique et Forestière“ (IGN) in Paris Est Marne la Vallée und am Campus der Universität Paris-Ost aus. Der Ablauf des Studiums an der ENSG Engineering School unterscheidet sich grundlegend vom Geodäsiestudium an der Universität Stuttgart. So werden in den ersten beiden Jahren intensiv theoretische Grundlagen insbesondere in der Mathematik und Physik gelehrt und erst ab dem dritten Jahr fachspezifische Vorlesungen gehalten sowie Praktika und Feldarbeiten angeboten, zum Beispiel ein zweimal dreimonatiges Feldpraktikum in der Provence und ein elfwöchiges Praktikum am Ende des vierten Jahres. Im fünften und letzten Jahr des Studiums besteht die Möglichkeit der Spezialisierung in einem Fachbereich, wie Photogrammetrie oder Navigation. Zudem bietet sich Studenten die Option die dreijährige fachspezifische Ausbildung an zwei unterschiedlichen Schulen abzulegen, wobei das zweite Jahr an der zweiten Schule wiederholt wird, sodass die gesamte Fachausbildung vier Jahre dauert. Im Gegenzug erhält der Student einen doppelten Abschluss.

Zwar nimmt die ENSG auch Auslandsstudenten auf, die Vorlesungen finden jedoch ausschließlich in französischer Sprache statt. Vorlesungen auf Englisch sind laut Madame Héno weder vorgesehen noch durchführbar. Aus dem Gespräch mit Madame Héno wird außerdem ersichtlich, dass in Frankreich die Zahl der Studenten, ähnlich wie in Deutschland, gering ist und die Schule der allgemeinen Bevölkerung unbekannt ist.



*Kathedrale von Amiens*

Im zweiten Teil ihres Vortrages stellt Madame Héno den Fachbereich „Aerial and Spatial Imagery (Photogrammetry & remote sensing)“ (DIAS) vor und die Forschungsbereiche, in denen das Institut tätig ist. Die Einrichtung ist multidisziplinär aufgestellt und arbeitet mit einer Vielzahl von Partnern zusammen. Ein Projekt, welches mit den Studenten als eine Art integriertes Praktikum durchgeführt wird, ist die Aufnahme einer gotischen Kathedrale in Amiens, bei der die angehenden Ingenieure unter anderem Laserscanning sowie terrestrische und luftgestützte Photogrammetrie anwenden. Die dichte Bildzuordnung wird mit Hilfe der eigens entwickelten MicMac-Software durchgeführt.

Die Ergebnisse werden im Gegensatz zu unserem Integrierten Praktikum von Projektpartnern genutzt.

Aktuelle Forschungsbereiche und Masterarbeiten beschäftigen sich unter anderem mit der Individualisierung von Bäumen mittels Remote Sensing, Auswertung von LIDAR-Daten und Forschung in den Bereichen der Radar- und Infrarotmesstechnik. Die Finanzierung der Einrichtung ist durch das IGN gesichert.

## **Vortrag 2: Didier Moisset**

*„Education in Computer Science and Dissemination of Research Data and Codes (Valilab)“*

Die Valilab-Einrichtung ist eine neu gegründete Abteilung des IGN. Sie bietet neben Kursen zur Programmierung und Lehre auch Hilfe zu programmiertechnischen Problemen bei Forschungsthemen an. Eine weitere Aufgabe ist der Aufbau und die Führung einer Forschungs- und Ausbildungsinfrastruktur.

Die Abteilung ist in mehrere Teams unterteilt. Das „IT Teaching Team“ ist hauptsächlich für die Durchführung der Fachkurse zur Programmierung sowie für die Unterstützung der Forschungsarbeiten verantwortlich. Um allerdings stets auf dem aktuellen Wissensstand zu bleiben, verbringen die Mitarbeiter einen Teil ihrer Zeit an aktuellen Informatik-Forschungsthemen. Ein „Infrastructure Team“ ist für die Konzipierung, den Aufbau und die Kontrolle der neu entstehenden Forschungs- und Ausbildungsinfrastruktur zuständig. Das Team „Usage of Geographic Information“ stellt den Support nach außen sicher und hat die spezielle Aufgabe, sich mit Geodaten und ihrer Bearbeitung auseinander zu setzen.

### **Vortrag 3: Pascal Barbier**

#### *„E-Learning“*

In seinem Vortrag stellt Monsieur Pascal Barbier das Konzept des „E-Learning“ vor. Darunter versteht er die Form des Studiums, bei der Vorlesungen und Lehrmaterialien im Internet für teilnehmende Studierende zugänglich gemacht werden und nur für Prüfungsleistungen und einige wenige Termine der Besuch an der Universität notwendig ist. Seinen Vortrag stellt er unter die Leitfrage, ob diese Unterrichtsmethode „den gleichen Stoff anders vermittelt oder grundsätzlich andere Dinge vermittelt“.

Zunächst stellt er die Praxis „Massive Open Online Course“ (MOOC) vor. Diese Kurse ermöglichen es Interessierten, Vorlesungen aus vielen verschiedenen Fachbereichen von überall online zu besuchen. Auch in Deutschland werden diese kostenpflichtigen Kurse durchgeführt.

Das ENSG selbst bietet Kurse an, die auf die Geoinformatik spezialisiert sind. Dabei bestehen auch Kooperationen mit anderen Ingenieursschulen und Universitäten in Frankreich.

Ein internationales Projekt wird derzeit in Afrika durchgeführt. So können Studenten aus Ländern wie Marokko oder Kamerun am Studium teilnehmen und müssen nur zu den Prüfungen ihr Heimatland verlassen. Dieses Programm hat bereits über 50 Studenten ermöglicht einen Abschluss zu erlangen. Problematisch sind in einzelnen Fällen allerdings die Finanzierung und das Erlangen eines Visums.

Das Hauptziel des E-Learning-Programms ist nicht die Unterstützung der vorhandenen Vorlesungen, sondern weiteren Studenten den Zugang zur Universität zu ermöglichen.

Am Donnerstag, dem 03. April, wurden wir recht herzlich von Reinhold Ewald, einem früheren Astronauten auf der ISS, und seinen Kollegen im Verwaltungshauptsitz der European Space Agency empfangen. Sie wurde 1975 gegründet und ist Europas Tor zum Weltraum. Mittlerweile gehören der ESA 20 Mitgliedsstaaten an, die Geld und Know-how einbringen, so dass Europas eigenes Raumfahrtprogramm gesichert ist.

Zu ihren Aufgaben zählen unter anderem die Erforschung der Erde und des Universums, die bemannte europäische Raumfahrt, die Entwicklung und Unterhaltung von Satelliten für Nachrichten, Datenübertragung, Navigation und Wetterbeobachtungen. Die verschiedenen Tätigkeitsfelder sind auf mehrere Standorte in ganz



*Im Hauptquartier der ESA*

Europa verteilt. In den Niederlanden befindet sich das Entwicklungs- und Testzentrum für ESA-Raumfahrzeuge. In Deutschland finden die Überwachung der Satelliten, sowie die Ausbildung für Astronauten zukünftiger Missionen statt. Die Informations-technologiezentrale in Italien sammelt, speichert und verteilt die von Satelliten gewonnenen Daten, welche in Spanien ausgewertet werden. In Großbritannien wurde ein neues Zentrum erschaffen, welches sich auf Partnerschaften und die Kommerzialisierung von Raum-

fahrtaktivitäten spezialisiert hat. Der Raumfahrtbahnhof Kourou befindet sich an der Nordküste Südamerikas, in Französisch-Guyana. An den verschiedenen ESA-Standorten sind 2200 hochqualifizierte Mitarbeiter angestellt. Die Finanzierung der Weltraumforschungsprogramme wird von allen Mitgliedsstaaten gemeinsam gesichert, wobei sich der Beitrag nach dem jeweiligen Bruttoinlandsprodukt richtet. Außerdem gibt es noch optionale Programme, bei denen die Länder selbst entscheiden können, ob und in welchem Umfang sie sich beteiligen möchten.

Nach einem ersten allgemeinen Überblick wurden uns verschiedene Erdbeobachtungsprogramme vorgestellt, welche seit den 70er Jahren bestehen. Hierzu gehören zum einen meteorologische Missionen, zum anderen wissenschaftliche Forschungssatelliten. Zur ersten Gruppe gehören EUMETSAT und METEOSAT, deren Beobachtungen als Grundlage für moderne Wetterbeobachtungen und -vorhersagen dienen. Nachfolgend werden einige Missionen der zweiten Gruppe und deren Zielsetzung kurz skizziert:

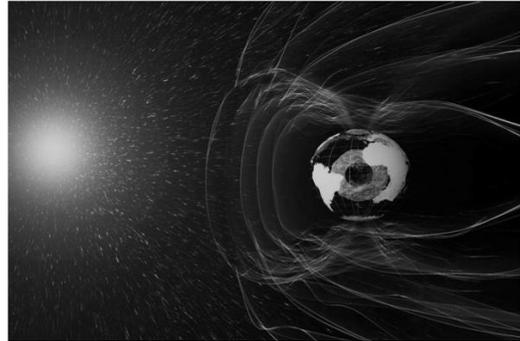
- GOCE - Gravity Field and Steady-State Ocean Circulation Explorer
- SWARM

Diese aus drei Satelliten in verschiedenen Orbitbahnen bestehende Mission soll Aufschlüsse über das elektromagnetische Feld der Erde und das Zusammenspiel mit der Sonne geben. Außerdem soll ein tieferes Verständnis über die Erddynamik des äußeren Kerns erlangt werden.

- COPERNICUS

Mit dem am 03. April 2014 gestartete Sentinel 1 wurde das neue Erdbeobachtungsprogramm Copernicus der ESA ins Leben gerufen. Es soll genauere und einfach zugänglichere Informationen zur Verfügung stellen, die für verschiedenste Anwendungen genutzt werden sollen. Darunter fallen Wasser- und Landmanagement, Atmosphäre, Natfallschutz, Sicherheit und Klimawandel.

Hierfür werden Daten sowohl von Satellitenbeobachtungen und lokale Sensoren auf der Erde, dem Wasser und in der Luft genutzt.



- GALILEO

Zusammen mit dem Bodensegment EGNOS sind die GALILEO-Satelliten die europäische Antwort auf das amerikanische Satellitennavigationssystem GPS. Sobald dieses System vollständig operabel ist, hat Europa einen komplett unabhängigen hochpräzisen Positionierungsdienst unter ziviler Leitung.

Schlussfolgernd ist zu sagen, dass der Einsatz von Satelliten einen großen Beitrag zu unserem täglichen Leben leistet. Es hilft der Menschheit, globale Zusammenhänge des Klimawandels zu verstehen, die Sicherheit im Luft-, Schiffs- und Straßenverkehr zu erhöhen, indem die Bewegung von Eisbergen und die Aschewolkenausbreitung bei Vulkanausbrüchen beobachtet werden. Außerdem können Prozesse wie Entwaldung und Desertifikation aus den Daten abgeleitet werden. Bei Katastrophen wie Überflutungen und Ausbreitungen von Ölteppichen kann zeitnah und gezielt eingegriffen werden, sodass die Nachhaltigkeit der Erde für zukünftige Generationen bewahrt wird.

Für die gelungene Organisation und das umfangreiche Programm bedanken wir uns herzlich bei Herrn Prof. Dr. Dieter Fritsch und unseren beiden Begleitern Herrn Dr.-Ing. Michael Cramer und Herrn Markus English.

Unser Dank geht ebenfalls an die Freunde der Geodäsie für die großzügige finanzielle Unterstützung, wie auch an die Fakultät Luft- und Raumfahrttechnik und Geodäsie.



## **First GEOENGINE and German G&G Students Basketball Tournament**

It's a tradition in the department of Geodesy and Geoinformatics in Stuttgart Universität, that every year on the behalf of the first semester a multicultural sport event is held. It is always a good break from studying and a nice chance for the Geoengine and the G&G students to meet each other and to create international friendship! This year the Geoengine students organized a basketball tournament with the significant support of F2GeoS (friends of Geodesy), IZ (International Zentrum) and Universität Stuttgart.

### **Coming up with the Idea**

During the welcome event of the 8th generation of Geoengine students, all the students had a conversation with our course director Dr.-Ing. Michael Cramer about the sport event of this year. In the past it used to be a table tennis tournament, in which every student was taking part individually. Now the students had the idea of organizing something in which there would be teams of several players. Then, the basketball tournament seemed to be the ideal event!

### **Organization of the big day**

The team which was responsible for the realization of this event had to face and solve a lot of problems, to take care of the design of the tournament and all the formalities related to University's restrictions and rules. At this point Mrs Raphaela Diel gave a crucial help and support. The plan was to rent the university's basketball court for one day for the tournament and a place inside the university for the night so that the students will get to know each other better and to enjoy some food and drinks. The Geoengine students feel more than grateful for the sponsorship and support of F2GeoS and the Stuttgart Universität.

As soon as the mail, which was requesting for help and support, was sent to the F2GeoS president Dr.-Ing. Gerrit Austen, he made all the adequate procedures, so that everything would be arranged in the appropriate time. In addition, Mrs Raphaela Diel from IZ also sponsored and helped us to find a suitable day and time for the realization of the event. Moreover, Dr.-Ing. Michael Cramer arranged all the details for the reservation of the Geoengine room, so our meeting good be nicely take place there. The last arrangement was the provision of food and drinks. At this spot, it should also be mentioned that the G&G students gave a lot of efforts so that everything could be ordered and delivered on time. At the end, all the formalities had been done and the event day was decided. "Saturday 30th of November"

## And the game began

After a lot of preparations and discussions regarding the rules and the formalities of the tournament everything was ready for the tournament to start. On Saturday 30th of November, 36 Geoengine and G&G students gathered together in Sporthalle in Vaihingen. All the players were split in 12 random teams. We were playing for 5 hours with loyalty and passion! Within these 5 hours the amazing number of 35 games was realized. All the games were very challenging and tough! At the end there was one winning team.



## Time for Party

The whole event had to be completed with a joyful and exciting party. So, it happened. At 7:00 p.m. the same day in the Geoengine room the Dean, Professor Dr.-Ing. Wolfgang Keller, the course Director of Geoengine Dr.-Ing. Michael Cramer as well as most of the students joined this after party. It was time for relaxing conversations between students and teaching staff and of course for some German beer! This party had quite a big success and it lasted until 1:00 a.m. Its biggest significance was that especially the 8th generation of the Geoengine students had the chance to meet their future German colleagues in the fieldwork and to start their friendship from now. The night was nicely concluded with a short ceremony in which the members of the winning team received their prizes personally from the Dean of the department!



# **Kurzbericht über die im Jahr 2013 mit dem Preis des Vereins F2GeoS ausgezeichnete Diplomarbeit von Matthias Ellmer**

*Optimierung der Orbitparameter zukünftiger Schwerefeldmissionen unter Verwendung genetischer Algorithmen*

## **Einleitung**

Eine genaue Kenntnis des Schwerefelds der Erde ist seit langem ein Hauptziel der geodätischen wissenschaftlichen Gemeinde. In früheren Zeiten wurde die Schwere über deren Auswirkung auf die Schwingdauer eines Pendels oder auf die Ausdehnung einer Feder gemessen. Auch über die Zeit, die ein frei fallendes Objekt zur Bewältigung einer gewissen Distanz benötigt, kann auf die Anziehungskraft der Erde geschlossen werden. Diese Methoden sind aber grundsätzlich auf lokalisierte Messungen beschränkt. Ein großräumiges Modell des Erdschwerefelds konnte also nur durch Kombination von sehr vielen Einzelmessungen erstellt werden. Unter Berücksichtigung der Unterschiede der einzelnen Messmethoden und der inhomogenen Punktverteilung kann durch einen Ausgleich ein Modell entstehen, das einen kleinen Bereich der Erdoberfläche abbildet.

Die ersten wirklich globalen Modelle des Erdschwerefelds wurden über die Bestimmung der Bahnen einiger frühen Satelliten gewonnen. Die Satelliten befinden sich auf Ihrer Umlaufbahn im ständigen freien Fall, und lassen so auf die gleiche Art und Weise wie ein zum Boden fallender Apfel auf die Erdbeschleunigung an der Position des Satelliten schließen. Mit dem größer werdenden Wunsch diese Schweremodelle immer weiter zu verbessern, wurden im Laufe der Jahre mehrere dedizierte Satellitenmissionen zur Bestimmung des Erdschwerefeldes geplant und durchgeführt. Im Jahr 2000 wurde der vom Geoforschungszentrum Potsdam (GFZ) konzipierte Satellit CHAMP (Challenging Minisatellite Payload) zur gleichzeitigen Bestimmung des Erdschwerefelds und des Erdmagnetfelds gestartet. Im Jahr 2002 folgte die, auf deutsch-amerikanischer Zusammenarbeit beruhende, Mission GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment), welche im Vergleich zu CHAMP eine stark verbesserte Schwerefeldbestimmung, vor allem im Bereich der Zeitvariablen Größen, zuließ. Im Jahr 2009 folgte dann die Mission GOCE (Gravity Field and Steady-State Ocean Circulation Explorer), die vor allem im Bereich des statischen Schwerefelds zu weiteren Verbesserungen führte.

Die Missionen von CHAMP und GOCE endeten mit dem Absturz des jeweiligen Satelliten in den Jahren 2009 und 2013. GRACE liefert nach nun über zwölf Jahren im Orbit immer noch für die geodätische wissenschaftliche Gemeinde und Anwender in unterschiedlichsten Gebieten äußerst wertvolle Daten. Die gewonnenen Schwerefelddaten finden nicht nur in der Ingenieursvermessung, sondern vor allem auch in den Klima- und Umweltwissenschaften Anwendung. So können auf Basis von mehreren aufeinander folgenden und voneinander unabhängigen Schwerefeldern Aussagen zu Massentransporten im System Erde gemacht werden. Diese Fähigkeit beruht auf dem einfachen Prinzip, dass Massen auf andere Massen anziehend wirken. Im Großen ist uns dieser Effekt aus der Mechanik unseres Sonnensystems bekannt, in dem die Planeten durch die Anziehungskraft der Sonne auf Ihrer Umlaufbahn gehalten werden. Im kleineren ist der gleiche Effekt zwischen der Erde und dem Mond zu beobachten. Die Anziehung der Erde ist aber nicht die einer Punktmasse, im Gegenteil setzt sie sich aus der Summe der Anziehungen einer Vielzahl von Einzelmassen zusammen. Jede dieser Einzelmassen trägt ihren eigenen kleinen Beitrag zum Gesamtschwerefeld der Erde, und damit auch auf die Schwerebeschleunigung die ein Satellit erfährt, bei. Ein typisches Beispiel für eine Ansammlung solcher Einzelmasse ist

der Eispanzer über dem Grönländischen Festland. Bewegt sich ein Satellit auf seiner Umlaufbahn auf diesen Eispanzer zu, so wird er durch diesen angezogen und zunehmend beschleunigt. Hat der Satellit den Eispanzer überquert, so wird er von dessen Schwerebeschleunigung abgebremst.

Zwischen jeder Überquerung des Eispanzers durch den Satelliten liegt nun aber ein gewisser Zeitraum, in dem die Masse des Eispanzers nicht unverändert bleibt. Ein Effekt der hier zum Tragen kommt, ist die saisonale Änderung der Eismasse, bei der im Winter Neuschnee abgelagert und teilweise zu Eis verdichtet wird. In der warmen Jahreszeit verliert der Eispanzer durch Abschmelzen wieder an Masse. Der Satellit wird also auf seiner Umlaufbahn im Winter stärker von dem Eispanzer beschleunigt, als dies im Sommer der Fall ist. Durch Messen der Veränderungen dieser Beschleunigung im zeitlichen Verlauf, und damit auch der Veränderung des Erdschwerefelds, kann also ein Rückschluss auf sich verändernde Massen an der Erdoberfläche gezogen werden.

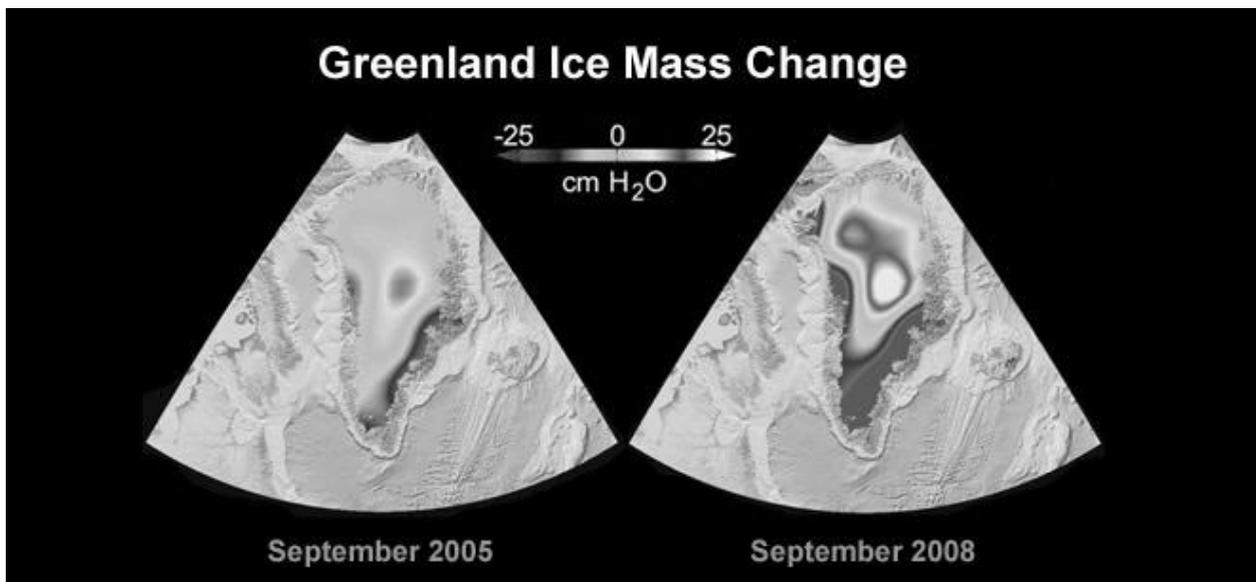


Abbildung 1: Massenveränderung in Grönland zwischen 2005 und 2008. Dargestellt als Veränderung einer Wassersäule mit äquivalenter Masse. Quelle: NASA/JPL

Weitere konkrete Anwendungsgebiete aus der jüngeren Vergangenheit sind zum Beispiel die Überwachung von Grundwasservorräten in den ariden Regionen des mittleren Ostens und Indiens. Hier wird über den gleichen Mechanismus der Massenveränderung ein Verlust oder Gewinn von Grundwasservorräten beobachtet. Im Zusammenspiel mit weiteren Basisdaten erstellten Forscher eine Karte, die zur Einstufung des Dürrerisikos in den USA verwendet werden kann. Ebenso können saisonale Veränderungen des Wasserhaushalts in großen Flusssystemen wie dem Amazonas oder in Regenwaldgebieten wie in Zentralafrika genau nachverfolgt werden. Eine genaue Kenntnis des Erdschwerefelds hat also Anwendungen, die weit über die in der klassischen Geodäsie bekannten Problemstellungen, wie zum Beispiel der Bestimmung von präzisen orthometrischen Höhen aus GPS-Beobachtungen, hinausgehen.

## Die GRACE-Mission

Nachdem sowohl CHAMP als auch GOCE das Ende Ihrer jeweiligen Mission erreicht haben, ist GRACE nun die einzig verbliebene dedizierte Schwerefeldmission. GRACE besteht im Gegensatz zu CHAMP und GOCE nicht nur aus einem, sondern tatsächlich aus zwei Satelliten die im Abstand von ca. 200 km auf derselben Umlaufbahn die Erde umrunden. Überfliegt der erste der beiden Satelliten eine Massenkonzentration wie zum Beispiel den grönländischen Eispanzer, so erfährt er eine Beschleunigung und entfernt sich damit von dem zweiten Satelliten. Wenig später kommt der zweite Satellit dem Eispanzer ebenfalls näher und wird genauso beschleunigt, die Distanz zwischen den Satelliten verringert sich. Beim Verlassen des Einflussbereichs des Eispanzers kommt es wiederum zu einer differentiellen Geschwindigkeitsänderung zwischen den beiden Satelliten. Die Bestimmung der Erdbeschleunigung geschieht nun indirekt über die kontinuierliche präzise Bestimmung der Entfernung zwischen den zwei Satelliten.

Diese Entfernungsmessung wird über Elektromagnetische Wellen im Mikrowellenbereich realisiert. Die genaue Entfernung zwischen den Satelliten wird im Abstand von zehn Sekunden mit hoher Präzision gemessen. Würde der erste Satellit über Stuttgart stehen, so befände sich der zweite in etwa über München. Das Mikrowellenentfernungsmessgerät kann die Distanz zwischen den beiden Satelliten nun auf weniger als die Breite eines Haares genau messen. Nur durch diese hohe Messgenauigkeit können verhältnismäßig kleine Massenveränderungen wie die in Eispanzern oder im Grundwasserspiegel überhaupt aufgelöst werden.

Um eine globale Abdeckung der Messdaten zu erreichen, wurde eine polare Umlaufbahn für die beiden GRACE-Satelliten gewählt. Dies bedeutet, dass die Satelliten die Erde nahe den Polen um einiges genauer abtasten als in der Nähe des Äquators. Da die Entfernungsänderung zwischen den Satelliten nur in Flugrichtung hochpräzise gemessen werden kann ergibt sich auch, dass der Einfluss der Schwerebeschleunigung in Nord-Süd Richtung um ein Vielfaches besser aufgelöst werden kann als in Ost-West Richtung. Des Weiteren benötigt GRACE einen Monat um Daten auf der gesamten Erdkugel zu sammeln, weshalb die aus GRACE berechneten Schwerefelder auch meist im Monatsmittel angegeben werden. Diese Umstände führen zu Artefakten in den bestimmten Schwerefeldern, die die Qualität der Lösung stark beschränken und die durch aufwändige Nachbearbeitung und Filterung beseitigt werden müssen.

Abbildung 29 zeigt ein solches Schwerefeld mit den durch die Missionskonfiguration verursachten deutlichen Streifen in Nord-Süd-Richtung. Durch Methoden der Nachbearbeitung und Filterung kann dieser Fehler verringert werden, um so zu den eigentlich interessanten Daten, den Massenvariationen, zu gelangen.



Abbildung 28: Computeranimation der beiden Satelliten GRACE-A und GRACE-B. Quelle: NASA/JPL

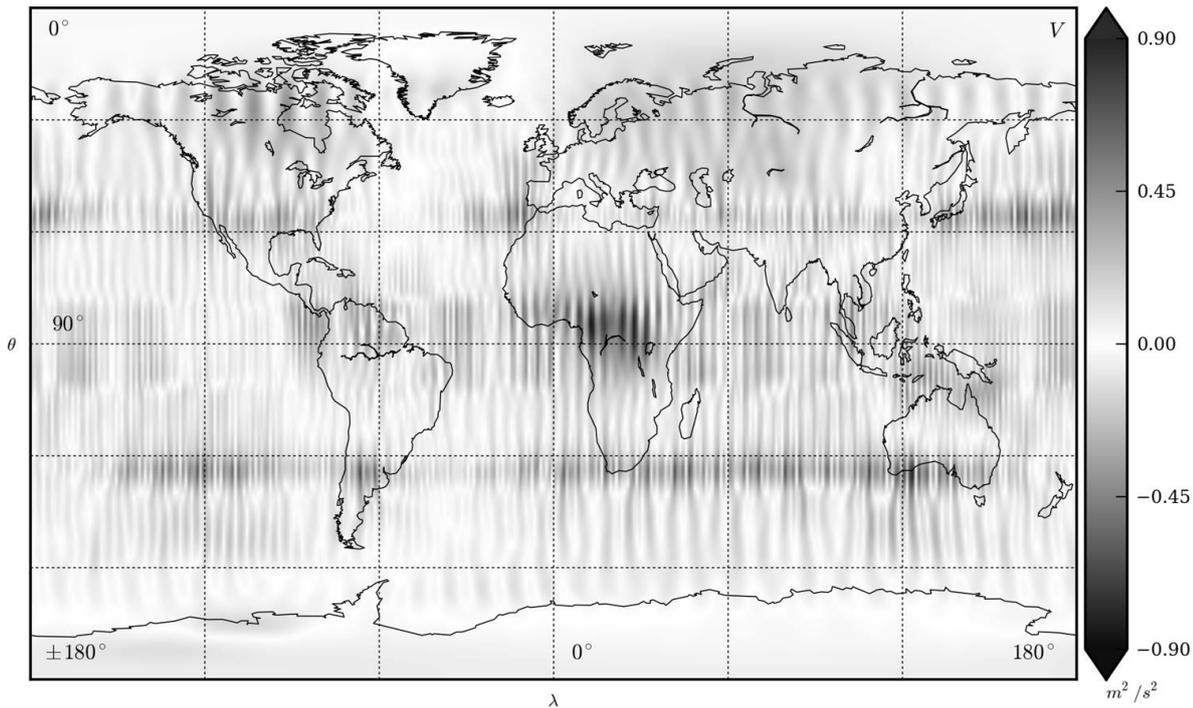


Abbildung 29: Streifenbildung bei GRACE (Simulation). Durch Streifen überlagert erkennt man Massenvariationen in Zentralafrika, Grönland, oder dem Amazonasbecken.

Die GRACE Satellitenmission war ursprünglich auf eine Dauer von nur fünf Jahren ausgelegt, und hat mit Ihrer bisherigen Leistung die Erwartungen an die Lebensdauer bei Weitem übertroffen. Die beiden Satelliten zeigen ihr Alter jedoch schon deutlich. Eine der wichtigsten Komponenten an Bord der Satelliten sind die Batterien, die die auf der Sonnenseite der Erde von den Solarpaneelen eingefangene Energie speichern und auf der Schattenseite abgeben. In den letzten Jahren wurden einige dieser Batteriemodule auf Grund von Alterungserscheinungen unbrauchbar, was die weitere Fortsetzung der Mission stark gefährdet. Beim Ausfall von nur wenigen weiteren Modulen werden die Satelliten nicht mehr in der Lage sein, ihre wichtigen Daten aufzuzeichnen. Dies hätte zur Folge dass die seit 2002 fortlaufend aufgezeichnete Zeitreihe zu den Massenvariationen der Erde abbrechen würde, was weitreichende Folgen auf viele Gebiete der Klima- und Umweltforschung hätte.

In Anbetracht dieser Gefahr vereinbarten NASA und das GFZ den möglichst baldigen Start einer Nachfolgemission, welche nun für das Jahr 2017 terminiert ist. Diese Nachfolgemission (GRACE Follow-on, oder GRACE-FO) ist aus Kosten- und Zuverlässigkeitsgründen größtenteils ein exakter Nachbau der jetzigen Mission, mit der Ausnahme eines zweiten Instruments zur Entfernungsmessung, das auf Basis von Laser-Interferometrie die Entfernung zwischen den Satelliten um einen Faktor 50 besser als das bisherige Instrument bestimmen können soll. Das Laser-Interferometer und das Mikrowellensystem sollen auf GRACE-FO gleichzeitig betrieben werden.

Die verbesserte Messgenauigkeit hat aber leider keine positiven Auswirkungen auf die zuvor beschriebenen negativen Effekte, die durch die Wahl der Umlaufbahn entstehen. Da eine globale Abdeckung der Daten nicht zur Diskussion steht, blieb hier auch keine andere Wahl. Um die Datenlage zu verbessern, wurden Überlegungen angestellt eines oder sogar mehrere weitere Satellitenpaare zu kommissionieren, die GRACE-FO auf alternativen Umlaufbahnen unterstützen könnten. Ein solches Paar könnte zum Beispiel auf einer geneigten Bahn fliegen, um sowohl die zeitliche als auch die räumliche

Abtastung in Äquatornähe und den gemäßigten Breiten zu verbessern. Eine solche Bahn könnte auch den Ost-West-Verlauf des Schwerefelds deutlich genauer bestimmen als GRACE-FO dies kann.

Die Wahl einer solchen Satellitenmission war der Inhalt meiner Arbeit. Meine Betreuer und ich stellten uns die Frage:

*„Finanzierung und politischer Wille außer Acht: Welche Satellitenkonfiguration würde GRACE oder GRACE-FO am besten unterstützen?“*

Meine Diplomarbeit beschäftigte sich nun mit der Entwicklung einer Methodik, um eine solche optimale Konfiguration für eine Partnermission mit Hilfe von Computersimulationen automatisch zu bestimmen.

### Satellitenorbits

Eine kreisförmige Umlaufbahn eines Satelliten kann durch vier der üblichen sechs Kepler-Elemente eindeutig beschrieben werden. Die große Halbachse der Umlaufbahn ( $a$ ) beschreibt die Höhe der Bahn über der Erde. Die Inklination ( $i$ ) beschreibt die Neigung der Bahnebene mit Bezug zur Äquatorialebene. Die Länge des aufsteigenden Knotens ( $\Omega$ ) beschreibt die Verdrehung der Bahnebene zum raumfesten System. Die mittlere Anomalie ( $M$ ) beschreibt die Position des Satelliten auf seiner kreisförmigen Umlaufbahn. Wir stellten uns die Aufgabe, genau die acht Parameter zu finden, die die Bahn der zwei Satelliten einer optimalen Zusatzmission definieren. Bei der Auswahl der Mission wollten wir uns nicht nur auf GRACE-artige Bahnen beschränken. Wir ließen auch Bahnen zu, bei denen aus Sicht der Satelliten der zweite dem ersten nicht direkt folgt, sondern eine Art Pendelbewegung beschreibt.

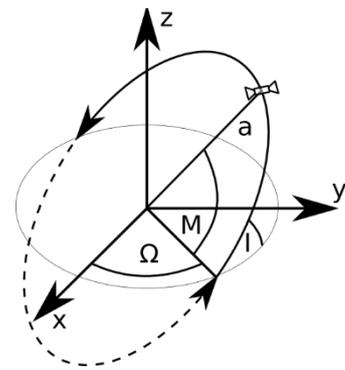


Abbildung 4: Kepler-elemente

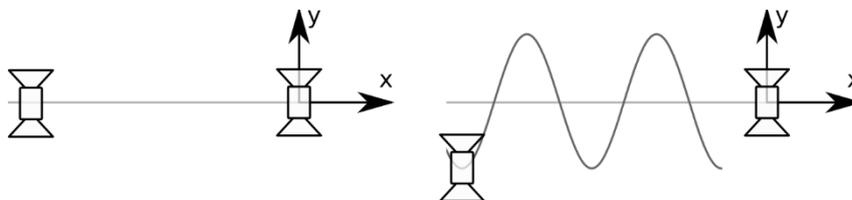


Abbildung 30: **Links:** GRACE-artige Bahn. **Rechts:** Pendelbewegung der Satellitenbahnen zueinander.

Beschreibt man die Satellitenbahnen nun nicht unabhängig voneinander, sondern in Form von gemeinsamen Parametern (z.B. die große Halbachse soll bei beiden Satelliten gleich sein; statt zwei mittleren Anomalien wird nur ein Unterschied  $\Delta M$  angegeben), so verringert sich die Anzahl der benötigten Parameter noch einmal etwas.

### Parameterstudien

Zur Bewertung jeder Kandidatenmission führten wir einen geschlossenen Simulationskreislauf durch. Als Eingangsgröße diente uns hier ein Erdschwerefeldprodukt, das Massenvariationen im Verlauf eines Monats beinhaltet. Mit Hilfe dieses Schwerefelds können die Beobachtungen der Satelliten im Verlauf eines Monats simuliert werden. Aus diesen Beobachtungen kann man nun ein mittleres Schwerefeld für diesen Monat berechnen, in dem die Abtastfehler, die durch zeitliches und räumliches Aliasing sowie die Konfiguration der Satellitenbahn entstehen, enthalten

sind. Dieses Feld verglichen wir nun mit dem Mittelwert der Eingangsgröße. Aus den auftretenden Differenzen kann man nun auf die Qualität der Kandidatenmission schließen.

Um eine vollständig automatisierte Beurteilung des Ergebnisses einer solchen simulierten Mission zu ermöglichen, musste eine Reihe von charakteristischen Kennzahlen festgelegt werden. Hier wurden zum Beispiel Werte wie die mittlere Quadratsumme der globalen Abweichungen des Schwerfelds verwendet. Da eine solche Zahl eher abstrakt ist, entschlossen wir uns eine Reihe von Simulationen durchzuführen, die das statistische Verhalten und die Aussagekraft der von uns gewählten Kennzahlen beleuchten sollten. Hierzu haben wir ausgehend von einem gemeinsamen Satz an Orbitparametern jeweils nur einen geringfügig verändert und dann die Auswirkung dieser Änderung auf das Ergebnis der Simulation betrachtet.

Beispiele für Parameter, die verändert wurden, sind der Öffnungswinkel des orbitalen Pendels, oder die Inklination des Satelliten (Abbildung 6). So entstand eine Vielzahl von Parameterkombinationen, die das Verhalten der von uns gewählten Kennzahlen genau beleuchteten und uns ermöglichten diese besser zu verstehen.

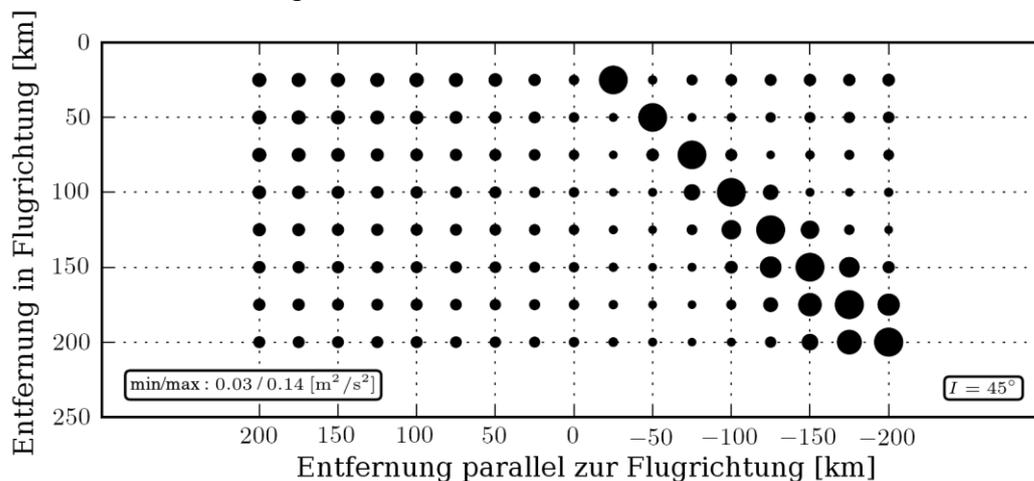


Abbildung 6: Auswirkung der Pendelöffnung zwischen den Satelliten auf die mittlere Quadratsumme des Gesamtfehlers bei einer Inklination von  $45^\circ$ . Man erkennt klar dass eine der Inklination entsprechende Pendelöffnung einen großen Gesamtfehler mit sich bringt.

Insgesamt wurden in diesem Abschnitt 9510 verschiedene Parameterkombinationen untersucht. Auf Basis dieser Daten wurde dann ein Algorithmus entwickelt, der in der Lage ist voll autonom die Parameter für eine optimale Partnermission zu GRACE-FO zu bestimmen.

### Genetischer Algorithmus

An der Menge der bisher durchgeführten Studien konnten wir schon erkennen, dass die Anzahl der möglichen Parameterkombinationen unglaublich groß ist. Wir grenzten diesen Suchraum ein, in dem wir Grenzwerte für einige Parameter der Bahnen festlegten. So entschlossen wir zum Beispiel, dass die Bahnhöhe und Inklination der Satellitenpaare in einem bestimmten Bereich liegen sollten. Wir legten außerdem fest, dass sich diese Variablen nicht kontinuierlich verändern durften, sondern nur inkrementell. So durfte sich die Inklination der Bahnen z.B. in Schritten von  $2^\circ$  zwischen  $30^\circ$  und  $150^\circ$  bewegen. Insgesamt ließen diese Einschränkungen aber immer noch insgesamt 27 702 000 mögliche Partnermissionen zu. Eine solche Anzahl von Missionen komplett zu simulieren ist nicht möglich.

Eine Strategie um einen solch großen Parameterraum effizient zu durchsuchen sind

Optimierungsalgorithmen. Ein solcher Algorithmus kann zum Beispiel sein, ausgehend von einem Näherungswert für die Parameter, alle Nachbarn dieser Lösung im Parameterraum zu untersuchen. Repräsentiert einer dieser Nachbarn eine bessere Lösung, so untersucht man dessen Nachbarn. Diese Schritte werden wiederholt bis sich keine Verbesserung mehr feststellen lässt.

Ein solcher Algorithmus führt bei unkompliziert strukturierten Lösungsräumen oft zu guten Ergebnissen. In Abbildung 6 kann man an einem kleinen Ausschnitt unseres fünf-dimensionalen Lösungsraums erkennen, dass dieser sich nicht für einen solchen Algorithmus eignet. Er ist sehr ungleichmäßig, mit plötzlichen Sprüngen und vielen lokalen Maxima und Minima des entwickelten Bewertungskriteriums.

Da wir an einem globalen Maximum interessiert sind, mussten wir eine andere Optimierungsstrategie wählen. Eine Strategie, die sich sehr gut für ungleichmäßige Lösungsräume eignet, sind die genetischen Algorithmen. Genetische Algorithmen suchen den Lösungsraum nicht wie herkömmliche Optimierungsalgorithmen ab, sondern springen von Punkt zu Punkt bis sie eine Stelle erreicht haben die der Algorithmus als „ausreichend gut“ einstuft. Ausgehend von diesem Punkt werden dann die Parameter in kleinen Schritten verändert um eine bessere Lösung zu finden.

Der Name der genetischen Algorithmen lässt auch schon Rückschlüsse auf seinen Ursprung her. Die Methodik ist stark von der biologischen Evolution inspiriert, und viele Begriffe die in genetischen Algorithmen verwendet werden, sind aus diesem Fachbereich entlehnt. So wird zum Beispiel die Repräsentation eines Lösungsraums als Genom bezeichnet. Für das Genom werden bestimmte Regeln festgelegt, so dass es nur Werte annehmen kann, die Lösungen innerhalb unseres festgelegten Parameterraums repräsentieren. Für unsere Simulation hat ein Genom genau fünf Gene. Jedes der Gene beschreibt einen der Parameter, die die kombinierte Satellitenmission festlegen. Eine bestimmte Kombination dieser fünf Gene ist nun ein Individuum.

Die Qualität oder Eignung eines bestimmten Individuums wird durch die sogenannte Fitness-Funktion beschrieben. In biologischer Sicht wäre dies die Eignung eines bestimmten Organismus, in seiner Umwelt erfolgreich zu überleben. In unserem Fall ist dies die Eignung der Satellitenmission, das Erdschwerefeld möglichst gut abzutasten. Als Fitnessfunktion verwendeten wir nun genau eine Kombination der Kennzahlen, die wir mit Hilfe der Parameterstudien bestimmt haben. So kann für zwei Satellitenkonfigurationen — jeweils durch ein Genom repräsentiert — anhand einer einzelnen Zahl, der Fitness, entschieden werden, welche der beiden „besser“ ist.

Ein weiterer Aspekt der genetischen Algorithmen ist die Fortpflanzung. Hier werden im Allgemeinen drei verschiedene Verfahren angewendet. Das erste Verfahren ist die Mutation. Hier werden kleine, durch statistische Verteilungen festgelegte, Veränderungen an einem Individuum durchgeführt. So kann z.B. die Inklination einer Satellitenbahn um ein paar Grad vergrößert oder verkleinert werden, und es wird eine Art lokale Optimierung im Suchraum durchgeführt. Das zweite angewendete Verfahren ist die Kreuzung. Hier werden Teile eines Individuums zufällig mit Teilen eines anderen Individuums kombiniert. Dies stellt größere Sprünge im Suchraum dar und führt dazu, dass optimale Parameterkombinationen schneller gefunden werden können. Die dritte Möglichkeit ist die Genese. Hier wird aus allen möglichen Varianten des Genoms ein zufälliges neues Individuum erstellt. Hierdurch wird ständig neues genetisches Material zur Verfügung gestellt, es werden größere Bereiche des Lösungsraums abgetastet.

Diese Methoden werden nun auf eine Population von Individuen angewendet. Zu Beginn unserer Optimierung wurden 50 zufällige Individuen generiert. Für jedes der 50 Individuen wurde die Fitness bestimmt. Nun wurden die drei oben beschriebenen Reproduktionsmethoden angewendet, wobei Individuen mit einer höheren Fitness eine

größere Chance hatten, in die neue Generation von Individuen einzufließen. So wurden Individuen mit schlechter Fitness z.B. mit größerer Wahrscheinlichkeit durch komplett neue Individuen ersetzt. Individuen mit guten Fitnesswerten wurden durch Kreuzung und Mutation in die neue Population überführt. Nachdem die neue Generation mit 50 Individuen besetzt ist, wird wieder für jedes Individuum ein Fitnesswert berechnet, und der Algorithmus wiederholt.

Wir wählten eine feste Anzahl von Iterationen als Abbruchkriterium, und zwar die Vollendung von 50 Generationen des Algorithmus. Insgesamt wurden so 2500 Individuen generiert und untersucht. Die Gesamtrechenzeit des Algorithmus betrug 15 Tage. Auf Grund eines Stromausfalls wurde ein Teil des Algorithmus zwei Mal berechnet. Weiter wurden auf Grund der zufälligen Veränderungen einige Individuen mehrmals untersucht. Insgesamt wurden 1487 eindeutige Individuen behandelt, was einer Abdeckung von 0.05 % des Lösungsraums entspricht. Abbildung 7 zeigt den

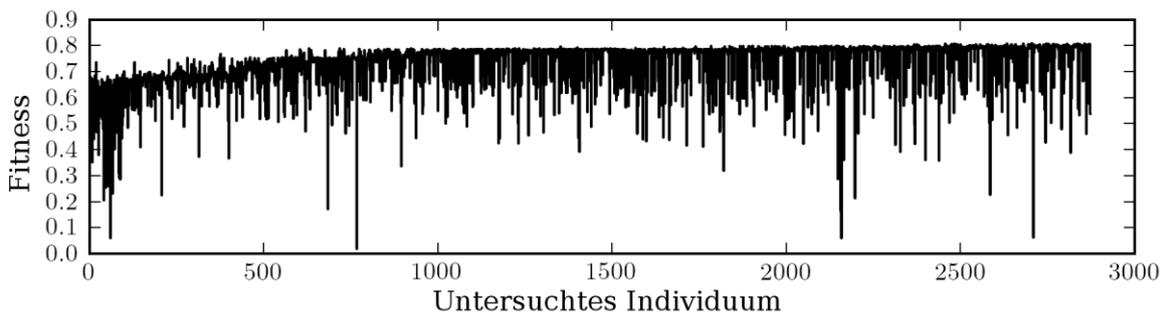


Abbildung 7: Verlauf der Fitnesswerte während des genetischen Algorithmus.

Verlauf der Fitnesswerte während der Laufzeit des genetischen Algorithmus. Man erkennt, dass ein großer Teil der Optimierung zu Beginn des Algorithmus geschah und, dass das Ergebnis später nur noch leicht verbessert wurde.

## Ergebnisse

Das Ergebnis meiner Diplomarbeit sind zum einen die Implementierung des genetischen Algorithmus zur Bahnoptimierung zukünftiger Schwerefeldmissionen, und zum anderen natürlich auch das Ergebnis des genetischen Algorithmus, ein konkreter Vorschlag zur Auswahl einer solchen Mission. Die von uns ausgewählte Mission ist die Mission mit dem besten Fitnesswert, wie vom genetischen Algorithmus bestimmt.

In Abbildung 8 sieht man einmal die Schwerefelddifferenz aus Eingangs- und Ausgangsfeld von nur einer GRACE-artigen Mission, wie sie auch GRACE-Follow-on sein soll. Man erkennt vor allem im Äquatorbereich deutlich die vertikalen Strukturen im beobachteten Schwerefeld. Darunter sieht man nun das Ergebnis des genetischen Algorithmus, die von uns bestimmte optimale Partnermission zu GRACE. Man kann erkennen, dass durch die Kombination von GRACE mit dieser zweiten Mission die Streifenbildung in Nord-Süd Richtung komplett verschwunden ist. Die Größenordnung der beobachteten Fehler sinkt enorm ab. Die Inklination der bestimmten Bahn liegt bei 58°, was eine gute Abtastung in Ost-West Richtung ermöglicht. Zusätzlich hat der genetische Algorithmus bestimmt, dass eine Pendelformation mit einer langen Entfernung zwischen den Satelliten von 250 km das beste Ergebnis liefert.

In meiner Arbeit konnten wir nun zeigen, dass eine vollständig automatische Optimierung bei der Orbitbestimmung von Satelliten zu durchaus zufriedenstellenden Ergebnissen führen kann. Da die Bewertung der einzelnen Missionen auf charakteristische Kennzahlen gestützt wird, kann eine objektive Rangfolge von „schlechtester Mission“ bis zu „besten Mission“ aufgestellt werden. Wir haben demonstriert, dass der in dieser Arbeit angewendete genetische Algorithmus in der Satellitengeodäsie erfolgreich zur Lösung komplexer Probleme angewendet werden kann.

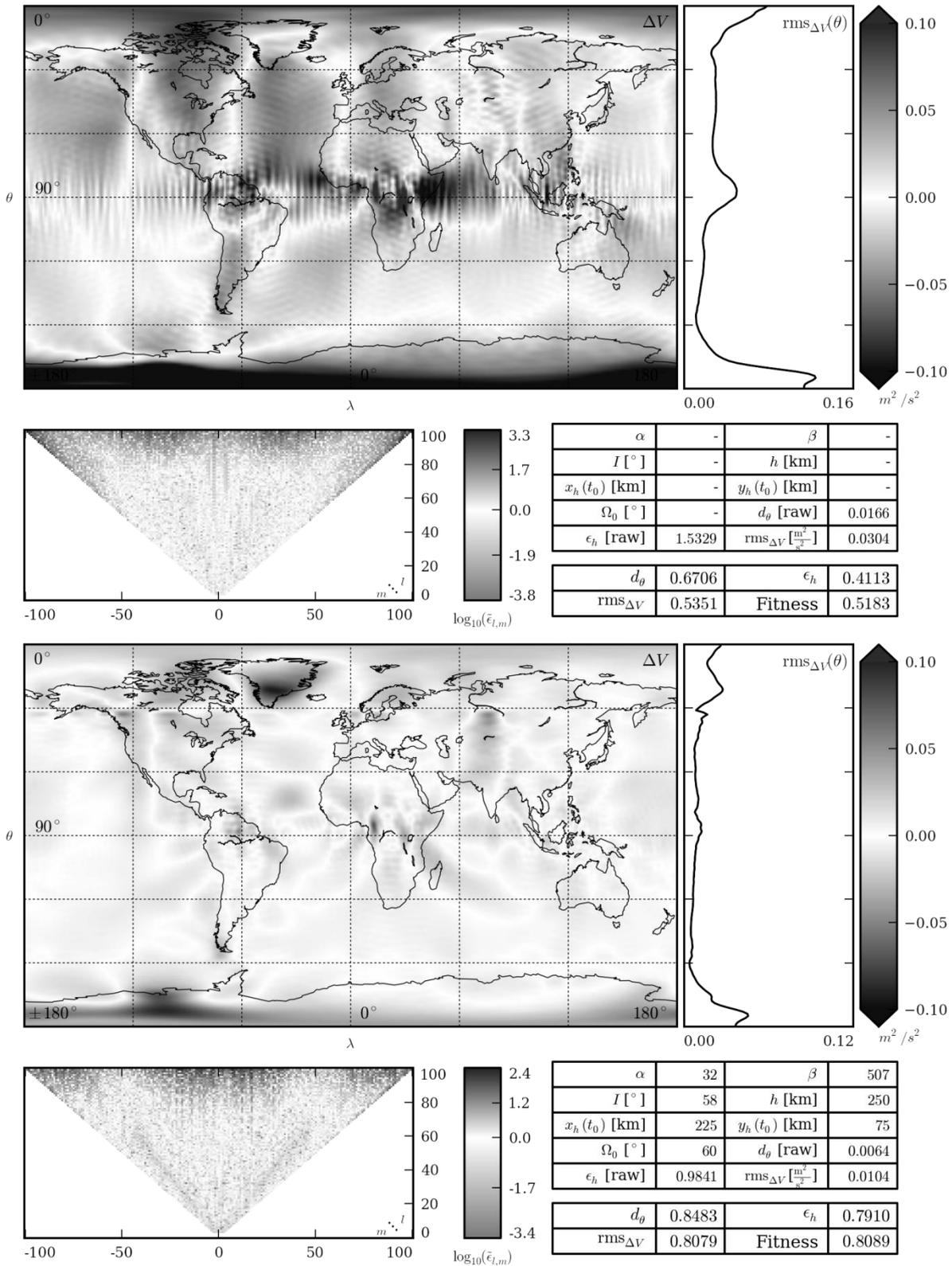


Abbildung 8: Oben: Ergebnis einer einzelnen, GRACE-artigen Formation. Unten: Beste Partnermission als Ergebnis des genetischen Algorithmus. Die Karte zeigt jeweils die Unterschiede zwischen Eingangs- und Ausgangsschwerefeld. Rechts und unterhalb der Karte sieht man Visualisierungen von zwei der Werte, die zur Bestimmung der Kennzahlen und der Fitness herangezogen wurden. Unten rechts sieht man jeweils Details zur Umlaufbahn sowie den berechneten Fitnesswert.

## Adressliste des Vorstandes

<b>Name</b>	<b>1. Dienststelle/Firma 2. Privatanschrift</b>	<b>Funktion</b>
<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	Vorsitzender
<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>	Stellvertretende Vorsitzende
<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	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. Frank Kössler</b>	Murrstraße 15, 71576 Burgstetten Tel.: 07191/911050 E-Mail: <a href="mailto:frank@frank-koessler.de">frank@frank-koessler.de</a>	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. Stefanie Schmid</b>	Landratsamt Neckar-Odenwald-Kreis Flurneuordnung und Landentwicklung Präsident-Wittemann-Str. 16, 74722 Buchen Tel.: 06281/98280 Hochstadtstr. 9, 74722 Buchen E-Mail: <a href="mailto:SteffiSchmid.ES@web.de">SteffiSchmid.ES@web.de</a>	Beisitzerin
<b>Dipl.-Ing. Matthias Wengert</b>	Landratsamt Rhein-Neckar-Kreis Amt für Flurneuordnung Werderstraße 14, 74889 Sinsheim Tel.: 07261/4065-704 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: [kurt.kohler@lgl.bwl.de](mailto:kurt.kohler@lgl.bwl.de)  
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: [gerhard.waldbauer@lgl.bwl.de](mailto:gerhard.waldbauer@lgl.bwl.de)  
Richard-Wagner-Str. 21, 71686 Remseck  
Tel.: 07146/891110  
E-Mail: [gerhard.waldbauer@gmx.de](mailto:gerhard.waldbauer@gmx.de)

## 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: [wolfgang.keller@gis.uni-stuttgart.de](mailto:wolfgang.keller@gis.uni-stuttgart.de)  
Sperberweg 5, 71364 Winnenden  
Tel.: 07195/942157