

# Jahresbericht 2015

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 e.V., sehr geehrte Damen und Herren,  
am 30. Juni 1995 fand auf Einladung des damaligen Leiters der Studienkommission Vermessungswesen, Herrn Prof. Dr.-Ing. Manfred Ruopp, auf dem Campus Stuttgart-Vaihingen die Gründungsversammlung des Vereins Freunde des Studiengangs Vermessungswesen der Universität Stuttgart statt. Aus dem Kreis der immerhin 33 Gründungsmitglieder wurde bekanntlich Alfred Hils zum ersten Vorsitzenden des neugegründeten Fördervereins gewählt, der dieses wichtige Amt bis 2007 erfolgreich wahr nahm. Der Anzahl der Freunde und Förderer des Vereins vergrößerte sich rasch und pendelte sich in den letzten Jahren bei etwa 130 Vereinsmitgliedern ein. Aufgrund ihrer besonderen Verdienste verlieh 2009 der damalige konziliante Vorsitzende, Hansjörg Schönherr, an Alfred Hils und Prof. Fritz Ackermann die Ehrenmitgliedschaft.

Anlass genug – nun genau zwanzig Jahre später – das Ereignis der Vereinsgründung wie auch den diesjährigen runden Geburtstag des heutigen Vereins Freunde des Studiengangs Geodäsie und Geoinformatik der Universität Stuttgart (F2GeoS e.V.) zu würdigen. Deshalb hat sich der F2GeoS-Vorstand bei seiner Sitzung im April 2015 dazu entschlossen, den Jahresbericht 2015 in einem neuen Erscheinungsbild aufzulegen. Ebenfalls einig war man sich im Vorstand, dass es dazu professioneller Unterstützung bedarf. Ein zeitgemäßer Jahresbericht, d.h. in einem neuen Format mit modernem Layout und vor allem in Farbe, war in letzter Zeit immer wieder ein Wunsch von Mitgliedern, wurde aber auch von Seiten der Institutsprofessoren und der Fachschaft Geodäsie, also den Studierenden, angeregt.

Ganz herzlich bedanken möchte ich mich deshalb bei der stellvertretenden Vorsitzenden Sabine Feirabend für ihr großes Engagement in dieser Sache. Es ist maßgeblich ihr Verdienst, dass Sie nun unseren neugestalteten Jahresbericht in den Händen halten können.

Wichtig ist mir, allen bisherigen und heutigen Vorstandsmitgliedern, Geschäftsführern und Kassenprüfern zu danken, deren Arbeit für den Verein unverzichtbar ist. Aber auch Ihnen gebührt an dieser Stelle als treues Vereinsmitglied einmal der ausdrückliche Dank für Ihre Unterstützung. Durch Ihren Vereinsbeitrag sowie durch manch großzügige Spende tragen Sie alle zur Verwirklichung der Ziele des Vereins bei und fördern somit aktiv die Ausbildung des Nachwuchses unseres Berufsstandes.

Berufspolitisch bedeutsam seit der letzten Mitgliederversammlung war sicherlich der Präsidentenwechsel beim Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung (LGL). Auf unseren früheren Vorsitzenden Hansjörg Schönherr folgte zum 1. September 2014 Ministerialrat und Geodät Luz Berendt im Amt des Präsidenten. Zudem feierte unser Vereinsmitglied, der DVW Baden-Württemberg e.V., im letzten Jahr den 60. Jahrestag seiner Bildung. Daher sei der Hinweis gestattet, dass dieses Jahr die INTERGEO vom 15. bis 17. September 2015 in Stuttgart stattfindet.

Nun wünsche ich Ihnen viel Freude bei der Lektüre des neugestalteten Jahresberichts und hoffe, dass er Ihre Zustimmung findet. Wir sind gespannt auf Ihre Rückmeldungen und Anregungen.

Mit kollegialen Grüßen verbleibe ich als Ihr

Gerrit Austen, Vorsitzender

# Inhalt

---

Vorwort	Seite 3
Inhalt	Seite 4
Einladung	Seite 5
Protokoll über die Mitgliederversammlung, 18. Juli 2014	Seite 6
Geschäftsbericht 2015	Seite 10
Kassenbericht 2014	Seite 11
Integriertes Praktikum 2014	Seite 12
Auslandspraktikum bei Bilfinger Construction Odenplan, Stockholm	Seite 15
Drohnen in der Geodäsie	Seite 19
IGSM 2014 – International Geodetic Students Meeting, Istanbul	Seite 28
4. KonGeoS, Wien	Seite 29
5. KonGeoS, Bochum	Seite 35
Geodätische Exkursion 2015	Seite 40
Prädiktion von Oberflächenabflussmengen nach der Methode der kleinsten Quadrate	Seite 45
Adressliste des Vorstandes	Seite 50
Adressliste der Rechnungsprüfer und des Geschäftsführers	Seite 51
Liste der Mitglieder	Seite 52
Beitrittserklärung	Seite 55

# Jahresbericht 2015

## Einladung

---

Liebe Freundinnen und Freunde des F2GeoS e.V., sehr geehrte Damen und Herren,

ich lade Sie herzlich zur **21. Mitgliederversammlung** unseres Vereins der Freunde des Studiengangs Geodäsie und Geoinformatik der Universität Stuttgart e.V. ein.

Diese findet statt am **Freitag, dem 17. Juli 2015 ab 14:00 Uhr** im Stadtmessungsamt in Stuttgart in der Kronenstr. 20, 3. Stock, in den Räumen 3301-3303.

### Tagesordnung

---

1. Begrüßung
2. Genehmigung der Tagesordnung
3. Genehmigung des Protokolls der 20. Mitgliederversammlung vom 18.07.2014
4. Verleihung des Diplom-Preises
5. Bericht des Vorsitzenden
6. Bericht des Schatzmeisters (Kassenbericht 2014)
7. Bericht der Rechnungsprüfer
8. Aussprache über die Berichte
9. Entlastung des Vorstands
10. Beschluss über den Haushaltsplan 2016
11. Anträge (bitte **bis spätestens 10.07.2015** schriftlich beim Vorsitzenden einreichen)
12. Bericht des diesjährigen Diplom-Preisträgers
13. Verschiedenes

Im Anschluss an die Mitgliederversammlung stellen uns Herr Stadtdirektor Karlheinz Jäger und seine Abteilungsleiter das Stadtmessungsamt der Landeshauptstadt Stuttgart und dessen Aufgabengebiete vor.

Ab ca. 16:00 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 10. Juli 2015 anzumelden.

Mit freundlichen Grüßen



Prof. Dr. Gerrit Austen  
Vorsitzender

# Protokoll der Mitgliederversammlung

## 18. Juli 2014, Raum M2.41., Breitscheidstr. 2, Stuttgart

---

Anwesend: 32 Mitglieder, 4 Gäste

### **TOP 1: Begrüßung**

Um 14:00 Uhr eröffnet der Vorsitzende Dr. Gerrit Austen die 20. Mitgliederversammlung und begrüßt die Anwesenden.

Besonders willkommen heißt der Vorsitzende das Ehrenmitglied Prof. Ackermann. Entschuldigt hat sich das Ehrenmitglied Alfred Hils.

Weiterhin begrüßt Herr Dr. Austen Herrn Prof. Kleusberg. Er dankt ihm für die Bereitschaft, im Anschluss an diese Versammlung das Institut für Navigation und dessen Arbeit vorzustellen sowie für die Bewirtung beim nachfolgenden Ausklang.

Auch die Professoren Schwieger und Sneeuw heißt der Vorsitzende herzlich willkommen.

Der Vorsitzende begrüßt zudem den Vorstand und die Kassenprüfer des Vereins F2GeoS. Entschuldigt fehlen die Vorstandsmitglieder Frau Heidenreich, Herr Wengert, Herr Jäger und der Geschäftsführer Herr Keller.

Ein Novum ist, dass eine kleine Delegation der alten und neuen Fachgruppenleitung zu Gast ist.

Vor Eintritt in die weitere Tagesordnung bittet der Vorsitzende, die Anwesenden sich von ihren Plätzen zu erheben, da er eine traurige Pflicht zu erfüllen habe. Er gibt bekannt, dass das Vereinsmitglied Gerhard Scheel am 15. Mai diesen Jahres verstorben ist.

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

Der Vorsitzende stellt fest, dass die Einladung mit Tagesordnung satzungsgemäß mit dem Schreiben vom 26.5.2014 versandt und somit zur Mitgliederversammlung ordnungsgemäß mindestens einen Monat vorher eingeladen wurde. In der beiliegenden Rückantwort hatte sich bei der Faxnummer des Vorsitzenden bedauerlicherweise ein kleiner Fehler eingeschlichen. Dies bittet der Vorsitzende zu entschuldigen.

Anträge zur Tagesordnung sind im Vorfeld keine eingegangen.

Auf Frage des Vorsitzenden wird die Tagesordnung ohne Änderungen genehmigt:

### **TOP 3: Genehmigung des Protokolls der 19. Mitgliederversammlung vom 12.07.2013**

Das Protokoll ist im Jahresbericht 2014 abgedruckt, der den Mitgliedern zugestellt wurde.

Das Protokoll wird von den Anwesenden ohne Änderungen einstimmig genehmigt.

#### **TOP 4: Verleihung des Bachelor-Preises**

Der Vorsitzende übergibt den diesjährigen Bachelor-Preis an Robin Thor für seine Arbeit „Least-squares prediction of runoff“. Der Bachelor-Preis ist mit 500 € dotiert.

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

Zum Mitgliederstand berichtet der Vorsitzende, dass derzeit 126 natürliche Personen und 5 juristische Personen Mitglieder des Vereins sind.

Es gab zwei Austritte zum Jahresende 2013 und eine erloschene Mitgliedschaft aufgrund des Todesfalls Gerhard Scheels. Erfreulicherweise gab es einen Neuzugang bei den natürlichen Mitgliedern und als neues juristisches Mitglied konnte die Ingenieurkammer BW gewonnen werden.

Im Berichtszeitraum fanden wieder zwei Vorstandssitzungen statt, am 17.10.2013 und am 03.04.2014.

Den neuen Prämierungsausschuss bilden nun die Herren Wengert und Eisenmann sowie Frau Schmid. Die Auslegung des neu erstellten Flyers erfolgte u.a. zum Kolloquium im Wintersemester. Die Internetseite wurde aktualisiert.

Etwas aufwändig gestaltete sich die Umstellung auf das Sepa-Verfahren. Aber es ist erfolgreich abgeschlossen und es haben sich infolge dessen keine Austritte verzeichnen lassen und zudem konnten im Rahmen der Umstellung Kontakt- und Kontodaten aktualisiert werden.

Als Auftrag aus der letzten Mitgliederversammlung hat sich der Vorstand bei der Vorstandssitzung im Oktober Gedanken zur Mitgliederwerbung gemacht:

- Aktives, direktes Werben jedes Mitglieds bleibt das Mittel der Wahl. So konnten auch die letzten zwei Neuzugänge gewonnen werden.
- Gespräche mit den Professoren zum Einholen neuer Anregungen und Impulse
- Austausch mit dem DVW – Vorsitzenden Gerd Holzwarth fand statt
- Gespräch mit der Fachgruppe Geodäsie fand statt, aufgrund dessen einen kleine Delegation als Gast heute anwesend ist

Als Ergebnis aus den Gesprächen gibt es verschiedene Anregungen, die teilweise bereits umgesetzt wurden (z.B. Servicebereich auf Internetseite, Link) und welche die weiterverfolgt werden (weiterer Preis / Präsenz auf Studentenveranstaltungen / Kontakte zu Uni-Alumnistelle und Studiengangsmanager / Internetauftritt).

Im zurückliegenden Berichtszeitraum sind 8 Anträge bewilligt worden, diese werden im Geschäftsbericht bekannt gegeben.

Bedauerlicherweise konnte im zurückliegenden Zeitraum kein Studienaufenthalt im Ausland gefördert werden.

Der Vorsitzende schließt seinen Bericht mit einem Dank an seine Vorstandskolleginnen und Kollegen sowie an den Geschäftsführer Prof. Dr. Keller für die gute Zusammenarbeit. Ein besonderer Dank gilt dabei dem Schatzmeister Herrn Hell für die verbundenen Mühen bei der Umstellung auf das Sepa-Verfahren und Frau Feirabend für die Erstellung des Jahresberichts.

### **TOP 6: Bericht des Schatzmeisters (Kassenbericht 2013)**

Herr Hell weist auf den im Jahresbericht 2014 abgedruckten Kassenbericht 2013 hin und trägt die wesentlichen Positionen vor:

Gesamteinnahmen von 17.236,00 € stehen Gesamtausgaben von 14.589,59 € gegenüber. Der Kassenstand am 31.12.2013 betrug somit 11.591,69 €.

Des Weiteren gibt Herr Hell nachrichtlich bekannt, dass sich das Sparguthaben des Vereins mit Stand 31.12.2013 auf 26.604,27 € belief.

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

Der Rechnungsprüfer, Herr Waldbauer, 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 Mayer-Föll hat sich bereit erklärt, die Entlastung des Vorstands sowie der Rechnungsprüfer zu übernehmen. Er weist auf die gute Arbeit des Vorstands hin und schlägt vor, den Vorstand und die Rechnungsprüfer en bloc zu entlasten. Die Mitglieder stimmen diesem Vorschlag zu.

Die Entlastung erfolgt ohne Gegenstimmen bei Enthaltung der Betroffenen.

### **TOP 10: Beschluss über den Haushaltsplan 2015**

Der Schatzmeister stellt den Entwurf des Haushaltsplans für 2015 vor. Er enthält folgende Positionen:

#### **Einnahmen**

Mitgliedsbeiträge	4.500 €
Spenden	500 €
Zinsen	50 €
Entnahme Festgeld	4.000 €

**Gesamteinnahmen** 9.050 €

#### **Ausgaben**

Große geodätische Exkursion	1.000 €
Integriertes Praktikum	700 €
Grundpraktikum	300 €
Zuschüsse Fachschaft	350 €
Zuschuss ARGEOS	1.000 €

Master-Preis _____	1.000 €
Bachelor-Preis _____	500 €
Zuschuss Auslandsstudium _____	4.000 €
INTERGEO-Zuschuss _____	500 €
Konto-Abrechnung _____	110 €
Strato-Internetpaket _____	110 €
Jahresbericht 2015 _____	300 €
Portokosten Einladungen + Jahresbericht _____	250 €

**Gesamtausgaben** \_\_\_\_\_ **10.120 €**

**Unterdeckung** \_\_\_\_\_ **1.070 €**

Der Haushaltsplan 2015 wird einstimmig genehmigt.

#### TOP 11: Anträge

Es gingen keine Anträge ein.

#### TOP 12: Bericht des diesjährigen Bachelor-Preisträgers

Der diesjährige Preisträger, Herr Robin Thor, stellt seine Arbeit „Least-squares prediction of runoff“ vor:

Bei der Modellierung des Wasserkreislaufs ist die Abflussmenge eines Einzugsgebiets eine wichtige Variable als Maß für die Validierung und Kalibrierung von hydrologischen Modellen. In den letzten Jahren wurde weltweit ein signifikanter Rückgang der Verfügbarkeit von in-situ-Abflussmessungen verzeichnet. Die Bachelorarbeit befasst sich damit, Vorhersagen über die Abflussmengen mit Hilfe der Methode der kleinsten Quadrate zu treffen. Dabei werden die räumlichen Zusammenhänge zwischen in situ Abflussmessungen in einer Trainingsperiode benutzt, um Werte für einen anderen Zeitraum vorherzusagen.

Verschiedene Verfahren zur Bestimmung der Kovarianzmatrizen werden analysiert und validiert. Dabei werden z.B. Monatswerte getrennt oder gemittelt betrachtet oder Langzeitmittel für die Bestimmung herangezogen.

Die meisten Verfahren liefern gangbare Ergebnisse, allerdings liefert die Vorhersage auf der Grundlage von Kovarianzmatrizen aus Residuen etwas bessere als die anderen Verfahren.

#### TOP 13: Verschiedenes

Es erfolgt keine Wortmeldung.

Die Mitgliederversammlung wird um 14:50 Uhr geschlossen.



Dr. Gerrit Austen  
Vorsitzender

gez. Sabine Feirabend  
Schriftführerin

# Geschäftsbericht 2015

---

Im Geschäftsjahr 2014/2015 wurde die wissenschaftliche Aus- und Weiterbildung im Studiengang Geodäsie und Geoinformatik der Universität Stuttgart wie folgt gefördert:

## Zuschüsse

### Vom Vorstand wurden folgende Zuschüsse beschlossen:

1. Konferenz der Geodäsie-Studierenden 2014 in Wien _____	1000,00 €
2. Neubeschaffung von Fachgruppeninventar _____	380,00 €
3. Grundpraktikum und Integriertes Praktikum _____	1000,00 €
4. Konferenz der Geodäsie-Studierenden 2014 in Bochum _____	704,00 €
5. Unterstützung Auslandsaufenthalt (Praktikum) _____	1050,00 €
6. Fachbericht zur INTERGEO in Berlin _____	500,00 €
7. Sprachkurs für Internationale Master-Studierende der Universität Stuttgart (GEOENGINE) _____	100,00 €
8. Unterstützung Auslandsaufenthalt (Masterarbeit) _____	600,00 €
9. Geodätische Exkursion 2015 im 1. Sem. Masterstudiengang _____	800,00 €

## Bachelorpreis 2014

Der Prämierungsausschuss entschied sich für die Auszeichnung der Bachelorarbeit von Herrn Robin Thor mit dem Titel: „Least-squares prediction of runoff“.

Der F2GeoS-Bachelorpreis 2014 in Höhe von 500,00 € wurde vom Vorsitzenden Gerrit Austen am 18.07.2014 im Rahmen der 20. Mitgliederversammlung des F2GeoS überreicht.

**Die Vereins-Satzung**, welche während der Mitgliederversammlung am 15.7.2011 von den anwesenden Mitgliedern beschlossen wurde und die beim Amtsgericht Stuttgart – Registergericht unter der Registernummer VR 5670 in das Vereinsregister eingetragen ist, **finden Sie hier:** <http://www.f2geos.de/satzung.html>

## Kassenbericht 2014

---

Kassenstand am 31.12.2013 **11.591,69 €**

### Einnahmen

Mitgliedsbeiträge

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

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

Spenden \_\_\_\_\_ 640,00 €

Rückzahlung Sparbrief \_\_\_\_\_ 16.000,00 €

**Gesamteinnahmen** **21.050,00 €**

### Ausgaben

Große geodätische Exkursion \_\_\_\_\_ 1.000,00 €

Zuschuss zur Teilnahme am IGSM in Istanbul \_\_\_\_\_ 300,00 €

Reisekostenzuschuss Kongeos Wien \_\_\_\_\_ 1.000,00 €

Reisekostenzuschuss Kongeos Bochum \_\_\_\_\_ 704,00 €

Bericht zur Intergeo \_\_\_\_\_ 500,00 €

Zuschuss Geoengine Waste Forum \_\_\_\_\_ 80,10 €

Grundpraktikum und integriertes Praktikum \_\_\_\_\_ 1.000,00 €

Bachelorpreis \_\_\_\_\_ 500,00 €

Förderung Auslandsaufenthalt Stockholm \_\_\_\_\_ 1.050,00 €

Mitteilungsblatt \_\_\_\_\_ 224,70 €

Porto Jahresbericht und sonstiges Porto \_\_\_\_\_ 221,63 €

Kontoabrechnung, LBBW Card \_\_\_\_\_ 59,90 €

Strato – Internetpaket \_\_\_\_\_ 106,80 €

Festgeldanlage \_\_\_\_\_ 16.000,00 €

**Gesamtausgaben** **22.747,13 €**

Kassenstand am 31.12.2014 **9.894,56 €**

### Nachrichtlich:

Sparguthaben 31.12.2011 \_\_\_\_\_ 33396,91 €

Sparguthaben 31.12.2012 \_\_\_\_\_ 29980,73 €

Sparguthaben 31.12.2013 \_\_\_\_\_ 26604,27 €

Sparguthaben 31.12.2014 \_\_\_\_\_ 10645,68 €



Volker Hell

Schatzmeister

# Integriertes Praktikum 2014

---

## Vorbereitung und Durchführung

### 1. Umfeld und Aufgabe

Überwachung des ehemaligen Steinbruchs bzw. Erddeponie Renkenberg

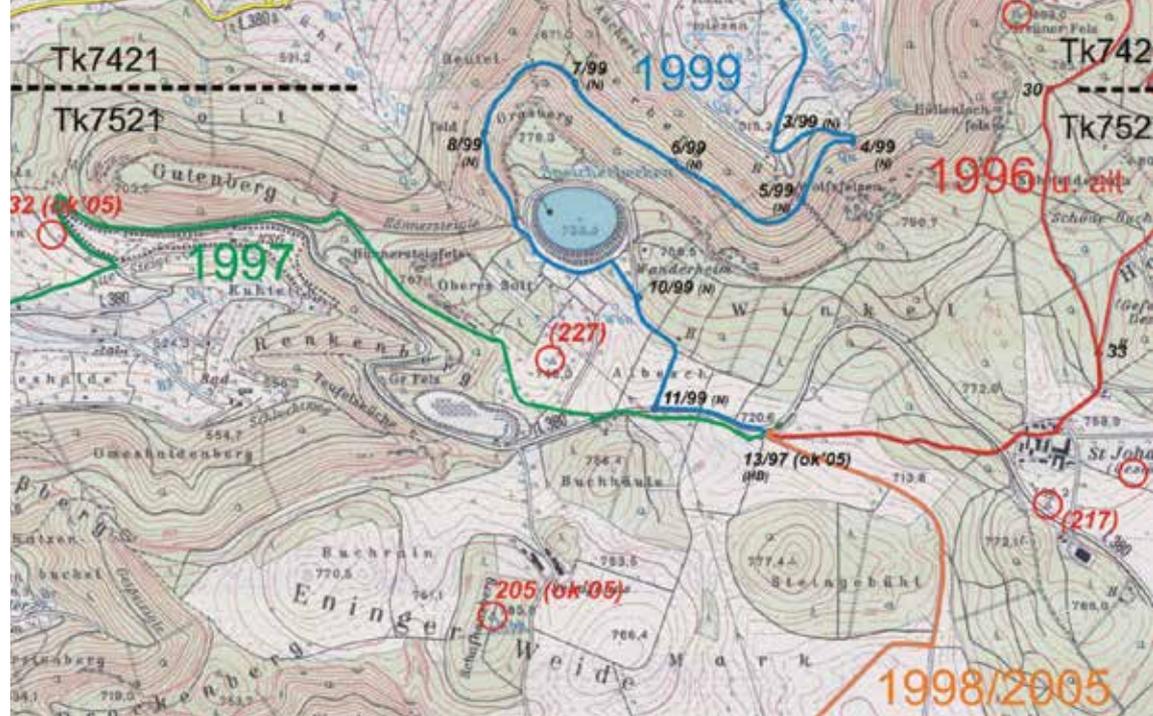
Der ehemalige Steinbruch Renkenberg wird nun seit 2001 als Erddeponie genutzt (vgl. Abbildung 1). Derzeit führen die Bauarbeiten des „Scheibengipfeltunnels“ nahe Reutlingen zu mehr als 300 LKWs pro Tag und einer derzeit unerwarteten schnellen Füllung des Steinbruchs. Um diese empirische Beobachtung zu bestätigen, soll eine Überwachung der Geometrie und Abschätzung des Massenzuwachses durchgeführt werden.

Ein lokales Netzwerk soll in und um den Steinbruch erstellt und an das Gauß-Krüger-System sowie das Orthometrische Höhensystem von Deutschland angeschlossen werden. Die gewählten Punkte sollen die identischen Punkte auch für das nächste Jahr darstellen.

Die Oberfläche soll mit Hilfe von Bildverarbeitung aus Luftbildern eines Quadropterfluges rekonstruiert werden. In ausgewählten Gebieten soll die Geometrie zusätzlich mit Hilfe von GPS-Profilen und die Wände des Steinbruchs mit Hilfe von Laserscanning bestimmt werden. Mögliche Hohlräume oder Dichteanomalien sollen mit Hilfe von Gravimeterprofilen gefunden werden.



Abbildung 1: Erddeponie Renkenberg



**Abbildung 2:**  
**Ort und Umgebung**  
**der Erdeponie**  
**und existierende**  
**Messungen**

## 2. Arbeitspakete

Das gesamte Projekt ist in verschiedene Arbeitspakete (AP) aufgeteilt. Jedes dieser Arbeitspakete besteht aus weiteren Unteraufgaben, die in einer selbstständigen Studentengruppe (GuG und Geo) bis zur Durchführung des Integrierten Praktikums vorbereitet werden müssen. Die Vorbereitungen sind die Basis für die Arbeiten während des Integrieren Praktikums.

Neben der Vorbereitung der Arbeitspakete werden Freiwillige für verschiedene Organisationsaufgaben (z. B. Finanzen, Unterkunft, Essen/Versorgung, Instrumente) benötigt.

Im ersten Arbeitspaket (AP 1) sind zwei Studierende verantwortlich für das Projektmanagement.

Ein Orthophoto und ein digitales Geländemodell sind notwendig für die Planung und Visualisierung der Arbeiten. Darüber hinaus, wird ein Referenzsystem für die Vermessungsarbeiten eingerichtet. Um Kontrollpunkte im Gauß-Krüger-System zur Verfügung zu stellen, wird das Global Positioning System (GPS) verwendet. Hierfür müssen Transformationsparameter bestimmt werden (AP 2).

Zusätzlich zum ebenen Referenzsystem wird ein Höhennetz mit Hilfe von geometrischen Nivellements erzeugt (AP 3a). Wegen des großen Höhenunterschiedes zwischen dem Inneren des Steinbruchs und dem äußeren Gelände wird ein trigonometrisches Nivellement für die steilsten Bereiche verwendet (AP 3b).

Hindernisse im Steinbruch und der Vegetation in den äußeren Bereichen erlauben nicht überall GPS-Messungen. Aus diesem Grund müssen weitere Referenzpunkte mit Hilfe einer geeigneten Methode gemessen werden (AP 4).

Profilmessungen aus RTK Beobachtungen und Gravimetermessungen werden benutzt, um die Auffüllung des Steinbruches der nächsten Jahre zu dokumentieren. Das Gravimeter wird für die Messung, wegen des Untergrundes im Steinbruch, auf einem speziellen Dreifuss gelagert. Ferner wird dieser Punkt zusätzlich von einem Tachymeter angemessen, um die Position zu bestimmen (AP 5).

Informationen über existierende Straßen und temporäre Wege im Steinbruch werden auch gesammelt. Um diese Aufgabe zu erfüllen werden die Straßen und Wege kinematisch aufgemessen (AP 6 und AP 7).

Alle Messungen aller Arbeitspakete müssen für die anderen Arbeitspakete in einem geeigneten Format zur Verfügung gestellt werden. Für die Visualisierung und die Planungen im Steinbruch, genauso wie für die Analysen und Prüfungen der Messungen wird ein GIS-System verwendet.

Die noch verbliebenen Gebäude und die sogenannte „Schauwand“ (eine geologische Formation, die für einen späteren Lehrpfad erhalten bleiben soll) werden für die lokale Verwaltung dokumentiert. Dafür wird auch ein Referenznetz benötigt (AP 8). Die Position und Geometrie der Gebäude wird mit Laserscanning (AP 10) erfasst und die „Schauwand“ wird mit Nahbereichsphotogrammetrie gemessen (AP 9).

Luftbilder des aktuellen Zustandes des Steinbruchs werden mit Hilfe eines Quadropters aufgenommen (AP 11). Für die Georeferenzierung der Scans und der Bilder wird ein verdichtetes Referenznetz und entsprechende Passpunkte in der Nähe der Gebäude und an der Wand benötigt.

**Der Bericht der Studierenden ist nachzulesen unter:**

[http://www.f2geos.de/pdf/Sponsorbericht2014\\_V2.pdf](http://www.f2geos.de/pdf/Sponsorbericht2014_V2.pdf)

# Auslandspraktikum bei Bilfinger Construction Odenplan Stockholm, 3.9.2014 – 31.3.2015 Simon Piesch

---

## **Mein Weg nach Stockholm:**

Im folgenden Abschnitt möchte ich zunächst auf meinen Werdegang und meine Motivation zum Praktikum eingehen:

Mein Name ist Simon Piesch und ich studiere Geodäsie und Geoinformatik (Master of Science) an der Universität Stuttgart. In unserem Masterprogramm besteht die Möglichkeit aus einer größeren Anzahl von Spezialisierungsfächern zu wählen. Meine Wahl fiel dabei auf die Schwerpunkte Ingenieurgeodäsie und GNSS. Mein Studium war bis auf einzelne Übungen sehr theoretisch, daher entschloss ich mich schon frühzeitig im Studium ein Praktikum durchzuführen. Anhand meiner Interessen und Spezialisierungen kamen für mich nur diese zwei Fachgebiete infrage. In meinem Praktikum möchte ich Erfahrungen sammeln und meine Interessensgebiete weiter abgrenzen, um dadurch eine Vorentscheidung für meine berufliche Zukunft zu treffen.

Durch Zufall erfuhr ich von einer Mitarbeiterin am Institut für Ingenieurgeodäsie (IIG) Anfang August von einem Stellengesuch der Firma Bilfinger Construction für Stockholm. Da sie selbst bei einem vorangegangenen Projekt als Trainee mitgearbeitet hatte, konnte ich bereits einen groben Überblick zum Ablauf und den Rahmenbedingungen bekommen. Es wurde ein Vermessungsstudent für den Einsatz auf einer Tunnelbaustelle gesucht. Die Aufgaben waren laut Stellenanzeige: Qualitätsdokumentation, Messung von Bauwerksbewegungen und Einbauten, Arbeitsvorbereitung und unterstützende Arbeiten.

Bei verschiedenen Exkursionen während des Studiums hatte ich schon eine vage Vorstellung vom Einsatz im Tunnel und den Aufgaben der Vermessung. Dies gepaart mit einem Auslandsaufenthalt um meine sprachlichen Fähigkeiten zu erweitern, ermutigte mich dazu eine Bewerbung zu verfassen.

Nach Entsenden meiner Unterlagen erhielt ich überraschend rasch eine Zusage, mit der Bitte bereits Anfang September mein Praktikum zu beginnen. Ich befand mich zu dieser Zeit im Urlaub und hatte etwa 4 Tage Zeit mich vorzubereiten. Ich erhielt ein Flug- und Busticket sowie eine Telefonnummer einer Kontaktperson, die mich abholen würde. So „ausgerüstet“ kam ich am 3. September in Stockholm an.

## **Das Projekt Citybanan & Arbeitsumfeld:**

Das Projekt Citybanan Stockholm ist ein mehrteiliges Projekt der schwedischen Verkehrsbehörde Trafikverket. Es handelt sich dabei um einen sechs Kilometer langen Gleistunnel, durch den Pendelzüge, vergleichbar mit der hiesigen S-Bahn, fahren sollen. Der Grund für den Bau ist die ständig wachsende Nachfrage des Personenbahnverkehrs in und um Stockholm. Dabei wird eine Alternative zur U-Bahn ermöglicht und das vorhandene Nadelöhr rund um die Central Station entlastet, was eine höhere Zugfolge ermöglicht.

(<http://www.trafikverket.se/citybanan/>)



### Übersicht Vasatunneln och Odenplan

Mein Arbeitsbereich war das Baulos: Odenplan och Vasatunneln, welches von Bilfinger Construction Odenplan AB gebaut wird. Zum Los gehört: Außer der Station Odenplan, ein zweigleisiger Haupttunnel, ein Servicetunnel, zwei Lüftungskanäle und zwei Zugangsbereiche. Das Großprojekt wird eine Verbindung zu einer bereits bestehenden U-Bahn sein und den nördlichen und südlichen Teil Stockholms anschließen. Baubeginn des 1900 m langen Loses war im Jahre 2009 und das geplante Projektende ist Frühjahr/Sommer 2015.

Bilfinger Construction Civil Odenplan AB wurde eigens für dieses Bauvorhaben gegründet, sie ist Teil der Bilfinger Construction Sparte, welche Anfang 2015 an Implenia verkauft wurde.

Das Büro befindet sich am Rande der Baustelle in mehreren Baucontainern. Von dort wurde die Baustelle geleitet, koordiniert, Arbeiten vor- und nachbereitet. Zum Beginn meines Praktikums gehörten vom Projektdirektor bis zu den Praktikanten ca. 40 Mitarbeiter zur Belegschaft. In der Vermessungsabteilung waren wir mit 9 Vermessern gut aufgestellt. Darunter fielen auch drei Kollegen von Subunternehmern.

Für unsere Arbeit im Tunnel ist es wichtig die Sicherheitsvorschriften zu kennen und zu befolgen, da es leider immer wieder zu schweren Unfällen kommt. Es gibt daher eine spezielle Sicherheitseinweisung für die Arbeit im Tunnel und einen „Tag“ (Sender), mit Hilfe dessen eine Ortung im Tunnel durch Rettungskräfte erleichtert wird, zusätzlich einen Arbeitsausweis und die obligatorische Sicherheitskleidung. Besonders die Arbeitshose ist mit ihren vielen Taschen und Schleifen das nützlichste Kleidungsstück. Es ermöglicht einem permanent viele Dinge bei sich zu haben, vom Messequipment bis hin zu Schrauben und Hammer. Etwas zu vergessen kann im Tunnel schnell zu einem großen Zeitverlust führen, denn der Weg zum Büro führt durch den gesamten Tunnel zurück.

### Meine Arbeitsaufgaben:

Die Sprengarbeiten waren zu Beginn meines Praktikums schon abgeschlossen, daher war der Hauptteil meiner Arbeit, den Baufortschritt der Betonarbeiten zu begleiten. Dies beginnt mit dem Abstecken von Fundamenten, dabei werden die Ecken z.B. von Pfeilern mit Nägel im Fels signalisiert. Es folgt eine Schalungskontrolle und ggf. eine Korrektur der Schalungselemente nach Bauplanvorgabe mit den ausführenden Subunternehmer. Die Schalung hält den Beton an der vorhergesehenen Position. Am Ende werden von allen Elementen Bestandsaufnahmen angefertigt, welche dem Bauherrn übergeben werden. Dabei wurden auch Metallbauteile aufgemessen, wie die Oberleitungsanker, welches auch zu meinen Aufgaben gehörte. Diese wurden mittels zwei Prismen auf Lage, Höhe und Neigungen geprüft und ggf. noch korrigiert.

Absteckung im „Coin Slot“ – Zugang zur U-Bahn



Eine weitere Aufgabe war das Überwachen der provisorischen Zufahrtsrampe in den Tunnel. Dabei wurden die Objektpunkte an der Rampe monatlich gemessen und mit einem Datenbankprogramm ausgewertet. Anfallende Bewegungen wurden dann in einem Protokoll zusammengefasst und überprüft.

Meine Hauptaufgabe bestand im Umgang mit dem 3D-Laserscanner: Es galt vom gesamten Tunnel (Haupt- und Servicetunnel) eine 3D-Punktewolke in 10 m Blöcken mit einer Auflösung von 10x10 cm, einen Über-/Unterprofilplot und Profilschnitte zu erzeugen. Die Arbeiten gliederten sich in vier Schritte:

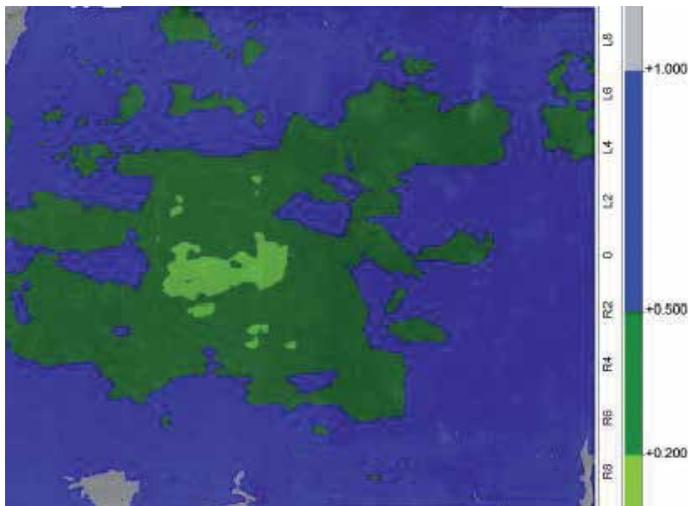
### 1. Sammeln von Informationen:

Welche Teile des Tunnels wurden noch nicht gescannt? Ist der Tunnelabschnitt bereits in seiner endgültigen Ausbaustufe oder kommt noch Spritzbeton hinzu? Sind ggf. alte Daten noch nutzbar?

### 2. 3D-Laserscannen der betreffenden Abschnitte

### 3. Auswertung:

In der Auswertung wird der Scanner selbst positioniert, um im Anschluss die Daten zu geocodieren. Dabei werden 3D Koordinaten jedem Punkt zugewiesen. Im Idealfall hat man nun eine Oberfläche frei von störenden Elementen, wie Kabel, Anker, Fahrzeuge usw. Dies ist nie der Fall, daher werden Störelemente und unbrauchbare Flächen im nächsten Schritt maskiert. Hat man den Scan maskiert, berechnet man die Daten auf ein zuvor vorgegebenes Tunnelmodell.



### 4. Ergebnis: Farbflächendarstellung zum Tunnelprofil:

Farblich werden die Differenzen (in Meter) zum geforderten Profil dargestellt. Hier sieht man kein Unterprofil, dafür eine Wölbung von mehreren Zentimeter in der Oberfläche, angezeigt durch die grüne Farbe. Diese Darstellung dient der Nachkontrolle, bei auftretendem Unterprofil, d.h. Fels/Spritzbeton ragt zu weit zur Fahrbahn hin, muss ggf. noch nachgearbeitet werden.

### Farbflächendarstellung Über-/Unterprofil

### Das Leben in Schweden:

Schon vor Beginn des Praktikums war mir bekannt, dass es noch mehrere Praktikanten gibt, zumal ich in einer WG untergebracht wurde. Zu Beginn jedes Semesters findet ein Generationenwechsel statt; dabei stellen die „älteren“ Praktikanten die jüngeren untereinander auf einer Willkommensparty vor. Im Wintersemester 14/15 waren wir um die 10 Praktikanten von den unterschiedlichen Baustellen rund um Stockholm. Am Wochenende wurde dann gemeinsam gefeiert, aktuelle Erlebnisse besprochen, Ausflüge geplant. Oft fanden diese Treffen in einer der Wohngemeinschaften statt. Aufgrund dessen war der Kontakt zur Bevölkerung eher begrenzt, Schweden sind meiner Erfahrung nach auch zurückhaltend und es fehlte an Zeit und Gelegenheit mehr in Kontakt zu kommen.

Das Leben ist in den skandinavischen Ländern teurer, Lebensmittel sind in etwa um die Hälfte teurer, alkoholhaltige Produkte kosten das Doppelte. Es gibt aber auch viele Möglichkeiten zu sparen, z.B. im Lidl einkaufen und von großen Packungen mehrere Essen kochen. Schwedische Studenten kochen oft sonntags für mehrere Tage: In den Universitäten befinden sich Wände voll mit Mikrowellen, mit denen man sein Essen dann erwärmen kann. Ansonsten bekommt man in vielen Restaurants ein „Lunch“ zur Mittagszeit für etwa 10 €: Salatbuffet, Tellergericht, alkoholfreies Getränk, Kaffee.

Eine Besonderheit Schwedens ist das flächendeckende Highspeed Internet: Dies verführt allerdings dazu noch öfters aufs Handy zu schauen, vor allem in Bus und Bahn. Auch kurios ist, dass man überall Nummern ziehen muss: ob im Supermarkt an der Fleischtheke oder im Handyladen – sonst wird man nicht bedient. In Schweden ist man ruhig und bescheiden, dazu gehört es, öfters etwas Geduld und Zeit zu haben und die Dinge gelassen zu sehen.

Schweden ist ein sehr großes Land, würde man es „umklappen“ reicht es von der Ostsee bis nach Nordafrika. Es leben ca. 9,6 Mio., davon 1 Mio. im Umkreis von Stockholm. Das weitläufige ruhige Land ist bei Urlaubern daher sehr beliebt. Es bietet viele Möglichkeiten sich sportlich zu betätigen oder die Natur zu entdecken. Zusammen haben wir einige Ausflüge unternommen: mit der Fähre nach Tallinn, Städtetrip nach Göteborg, Skifahren in Åre, oder Nordlichter beobachten in Kiruna. Gerade Kiruna ist zur Winterzeit sehr zu empfehlen. Wir hatten das Glück tatsächlich Nordlichter zu sehen, tagsüber waren wir dann Schneemobil oder Hundeschlitten fahren. Ein Muss für jeden Schwedenbesuch.



**Hundeschlittenfahrt in Kiruna**

### **Fazit des Praktikums:**

Zurückblickend war das Praktikum für mich eine wertvolle Erfahrung, die ich nicht missen möchte. Es half mir einen Einblick in die Arbeitsweise eines Baustellenvermessers zu gewinnen, mit allen Vor- und Nachteilen. Ich konnte aber auch für mich persönlich Schlüsse ziehen, wie ich mein Arbeitsleben am liebsten gestalten würde. Natürlich kam dabei hinzu, dass das Praktikum im Ausland absolviert wurde und ich die Gelegenheit hatte Land und Leute kennen zu lernen und mit anderen Praktikanten schöne Monate zu verbringen.



**Stadtturm Stockholm  
und Insel Riddarholmen  
(15.30 Uhr)**

Dazu möchte ich auch dem Verein der Freunde für ihre Unterstützung danken, ohne die meine Erfahrungen sicher nicht so reichhaltig ausgefallen wären.

# Drohnen in der Geodäsie

Volker Mayer BSc Geodäsie und Geoinformatik, Universität Stuttgart

---

## Zusammenfassung

Angeregt durch die Neuheiten auf der Intergeo 2014 in Berlin setzt sich dieser Artikel mit dem aktuellen Fortschritt der drohnengestützten Vermessung auseinander. Ob Kartographie, Monitoring oder das Erstellen von Geländemodellen, die potentiellen Anwendungsbereiche sind zahlreich und lukrativ. Die Hersteller werben mit großen Einsparungen von Zeit und Personal bei gleichzeitig steigender Qualität. Möglich macht dies die immer kleinere und leistungsfähigere Sensorik, allem voran die integrierte INS und GNSS Navigation. In welchen Bereichen dieses Versprechen eingehalten werden kann gilt es zu überprüfen. Verschiedene Arten von „Unmanned Aerial Vehicles“ (UAV) in unterschiedlichen Preis- und Größenkategorien stehen dabei zur Wahl. Zur Diskussion stehen die zwei verschiedenen Hauptarten von UAVs sowie die Art der Nutzlast.

## Einleitung

Wie schon im Vorjahr verlagerte sich auch auf der diesjährigen Intergeo in Berlin ein großer Teil des Geschehens über die Köpfe der Besucher. Grund hierfür waren die allgegenwärtigen sogenannten „Unmanned Aerial Vehicle“ (UAV). Nicht nur ihre Flugshows sind ein toller Augenfang sondern sie kommen mittlerweile in fast allen Bereichen der Geodäsie zum Einsatz. Elektronische Distanzmessung, GPS und Laserscanning. Die Arbeit des Geodäten vereinfachte sich in den letzten Jahrzehnten immens. Keine der neuen Technologien macht aber so viel Spaß wie die kleinen Flieger und ist ähnlich vielseitig in der Verwendung. Mit dem Hobbymodellbau haben die fliegenden Computer immer weniger gemein. Meist ausgerüstet mit einer Kamera verlagern sie die Geodatenerfassung in die Luft, aus welcher sich ganz neue Möglichkeiten erschließen. Voraussetzungen hierfür sind neben einer leichten Bedienung und zuverlässiger Funktionalität eine hohe Datenqualität. All dies wird erreicht durch Autopilotfunktion und Stabilisierungsmechanismen, die dem Benutzer an der Fernbedienung viel Arbeit abnehmen. Ausgerüstet mit hochmodernen Sensoren, sind sie in der Lage präzise die Position oder Flugbahn zu halten ohne dabei die Aufnahmen zu verwackeln. Idealerweise werden Arbeiten von der Flugsteuerung mittels einer vorprogrammierten Flugroute automatisch durchgeführt, sodass das UAV lediglich zusammengebaut und gestartet werden muss. Schnell und einfach hört sich die Datenerfassung an, doch verlagert sich ein großer Teil der Arbeit lediglich ins Büro an den Computer, wo die Daten mittels Photogrammetrie und Computer Vision ausgewertet werden müssen. Auf dem Markt haben sich zwei Klassen von Drohnen durchgesetzt, die jeweils in unterschiedlichen Preis- und Gewichtskategorien angeboten werden. Ebenso im Bereich der Nutzlasten haben sich Hersteller spezialisiert um leichte und kompakte Messgeräte zu entwickeln. Das Gewicht ist ein entscheidender Faktor sowohl für die Genehmigung als auch die Versicherung der Luftfahrzeuge. Genauso wie die Frage, wer die Drohnen fliegen darf und kann. Die Vor- und Nachteile dieser hochgepriesenen Technologie müssen diskutiert werden, um sich davon ein Bild zu machen in welchen Anwendungsgebieten Drohnen wirklich praktikabel sind.

### 0.1 RPAS, UAV oder UAS?

Für Flugdrohnen haben sich über die Jahre verschiedene Bezeichnungen und entsprechende Abkürzungen eingebürgert. UAV steht zumeist für „Unmanned Aerial Vehicle“. Viele verstehen darunter jedoch auch

geschlechtsneutral „Uninhabited Aerial Vehicle“. „Aerial“ wird wahlweise auch durch „Aircraft“ oder „Autonomous“ ersetzt. Besonders letzterer Begriff ist jedoch kritisch, da selbstständig agierende Fahrzeuge im Luftfahrtrecht, ähnlich wie im Straßenverkehr, sicherheitstechnisch diverse Fragen aufwerfen. Aus diesem Grund hat die zuständige International Civil Aviation Organization ICAO die Benutzung der Bezeichnung RPA (Remotely Piloted Aircraft) vorgeschlagen. RPAS und entsprechend UAS bezeichnen neben den eigentlich Drohnen das ganze System, welches sie zusammen mit Nutzlast, Steuerung und Bodenstation bilden. Kleine Flugsysteme unter 5 kg und 1,5 m Spannweite fallen zudem unter die Kategorie der Micro Aerial Vehicle (MAV). Mittlerweile haben sich alle Bezeichnungen mehr oder weniger etabliert und es ist nicht abzusehen welche sich durchsetzen wird.

## 1. Aufstieg der UAVs

Die Idee unbemannte Flieger in der Vermessung einzusetzen ist so alt wie Modellflieger selbst, jedoch erst durch technische Errungenschaften der letzten Jahre und Jahrzehnte können sie auch effektiv eingesetzt werden. Vor allem die Flugsteuerung hat eine große Entwicklung hinter sich. Heutzutage hat praktisch jedes dieser Modelle Inertialsensoren und GNSS-Antennen mit an Bord. Diese erfüllen gleich mehrere Aufgaben. Die Daten der Beschleunigungsmesser und Drehratenzähler sind notwendig um die Flugstabilität zu gewährleisten. Beschleunigungen die auf das System wirken, wie beispielsweise Seitenwinde, werden gemessen und durch Drehzahländerung der einzelnen Propeller oder Verstellung der Leitwerke kompensiert. Ziel ist es die Nutzlast, meist eine Kamera, stabil in der Luft zu halten. Für gute Aufnahmen muss die Orientierung der Kamera komplett von den Drehbewegungen der Trägerplattform befreit werden. Bekannt ist diese Art der Kamerastabilisierung als kardansche Aufhängung, die auch bei klassischen Luftbildflügen zum Einsatz kommt. In Verbindung mit einem GNSS-Empfänger können Drehflügler mittlerweile unter freiem Himmel ohne Einwirken des Piloten ihre Position halten. Dieser kann sich derweil auf die Bedienung der Kamera oder der Programmierung der Flugroute konzentrieren. Für Geländeaufnahmen können moderne Drohnen per GNSS automatisch vorprogrammierte Flugbahnen abfliegen. So erzeugtes überlappendes Bildmaterial kann wie klassische Luftbilder direkt zu digitalen Geländemodellen und Orthophotos weiterverarbeitet werden.

Preis, Größe und Qualität sowohl der GNSS-Empfänger, der Inertialsensoren als auch der Bordelektronik haben sich in den 15 Jahren immens verbessert und kann in Form von leichten MEMS-Einheiten verbaut werden. Ähnlich steht es um die Ladekapazität von Akkus und die Kameras. Diese zwei relativ schweren Komponenten haben einen großen Einfluss auf die Flugzeit, welche direkt von der Gesamtmasse abhängt. Um weiter Gewicht einzusparen basieren Konstruktion und Material der UAVs vollständig auf Leichtbauweise. Kein Bauteil ist größer, kein Kabel dicker als unbedingt nötig und in der Oberklasse dominieren Karbon und Aluminium.

### 1.1 Rechtliche Grundlagen

Obwohl noch nicht alle sicherheitstechnischen und somit versicherungsrelevanten Details geklärt sind, stellt der Einsatz von UAVs in den meisten Anwendungsbereichen kein Problem mehr dar. Es gilt jedoch einige Details zu beachten.



**Abbildung 1. Nahaufnahme einer XAircraft X450 Pro: Leichtbau bis ins kleinste Detail. Gut zu erkennen: die Bordelektronik inklusive GPS-Antenne. Die gelbe Kugel signalisiert die Hauptflugrichtung. Quelle: digitec.ch**

Wie aus dem Modellbaubereich bekannt sind ferngesteuerte Fluggeräte grundsätzlich versicherungspflichtig. Für den gewerblichen Bereich schlägt solch eine Versicherung jährlich mit ca. 150 € zu buche. In der rein privaten Nutzung reicht ungefähr die Hälfte zu einer Deckungssumme von 1 bis 5 Millionen Euro. Hier sind in der Regel bis 5 kg auch keine Genehmigungen erforderlich. Für den gewerblichen Einsatz und bei einem Aufstiegsge­wicht über 5 kg hingegen ist in jedem Fall eine Aufstiegs­genehmigung beim Luftfahrtbundesamt des jeweiligen Bundeslandes einzuholen. Die nächste Gewichtsgrenze liegt bei 25 kg. Für Drohnen höheren Gewichts wird es im zivilen Bereich auch mit Sondergenehmigung sehr schwer<sup>1</sup>. Eine einfache gewerbliche Aufstiegs­genehmigung ist typischerweise für Fluggeräte unter 5 kg und für zwei Jahre gültig. Eine oft problematische Einschränkung hierbei ist jedoch die maximale Flughöhe über Grund von nur 100 m. Dies ist unter anderem ein Grund, warum sich die Drohnen in der Minenüberwachung noch nicht durchgesetzt haben. Ein Braunkohletagebau ist beispielsweise schnell über 200 m tief. Die Frage nach der entscheidenden Referenzhöhe ist laut eines zuständigen Vermes­sungstechnikers der RWE Garzweiler Mine noch nicht geklärt.

<sup>1</sup> <http://www.drohnen.de/vorschriftengenehmigungen-fuer-die-nutzung-von-drohnen-und-multicoptern>

## 2. Die ferngesteuerten Helfer

Es fällt zunehmend schwerer sich auf dem Markt der UAVs zurecht zu finden. Mehrere dutzend Hersteller bieten mittlerweile professionelle Plattformen an und bewerben sie mit immer neuen Anwendungsmöglichkeiten. Sie variieren teils deutlich in Aussehen und Funktionsweise, sollen aber alle flexible Allroundtalente sein.

**AscTec Falcon 8**



**GerMAP G220**



<b>Typ</b>	Octokopter		Tragflächenflugzeug	
<b>Dimensionen</b>	770 mm x 820 mm x 125 mm	++	2120 mm	+
<b>Startgewicht</b>	2,2 kg	++	3,2 kg	++
<b>Zuladung</b>	0,5 kg	++	1,5 kg	++
<b>Geschwindigkeit</b>	50 km/h	++	50 km/h	++
<b>Kamerastabilisierung</b>	aufwendig, 2 Achsen	++	einfach 1 Achse	+
<b>mögliche Nutzlast</b>	diverse kleine DSLR-Kameras, auch IR	+	2 Kompaktkameras, Kombination mit NIR möglich	+
<b>Aufnehmbare Fläche</b>	<1 km <sup>2</sup>	+	einige km <sup>2</sup>	++
<b>Flugzeit</b>	12-22 Minuten	-	mind. 50 Minuten	++
<b>Preis*</b>	ab 18.000 €		ab 21.000 €	

**Tabelle 1. Vergleich: Drehflügler - Starrflügler. Vergleich zweier für ihre Klasse repräsentative Modelle. (Datengrundlage + Bilder: Datenblätter der Hersteller [1][2]).** \*Der Anschaffungspreis für die Hardware stellt nur einen Teil des Gesamtkosten dar und variiert je nach Ausführung. Im Kaufpreis inbegriffen ist typischerweise ein ausführliches Training beim Hersteller für UAV-Neulinge.

Beim Stichwort Drohnen denken die meisten Menschen zuerst an Quadrocopter. Die vierrotorigen Minihubschrauber ordnen sich ein in die Kategorie der Drehflügler. Die Anzahl und Anordnung der Rotoren einer Drehflüglerdrohne kann unterschiedlich sein, das Prinzip bleibt jedoch gleich. Den Auftrieb erzeugen alle Rotoren gemeinsam, gesteuert wird über die Abstimmung ihrer Drehzahlen. Neben diesen oft als Multikopter verallgemeinerten gibt es auch Modelle, die wie klassische Hubschrauber mit einem Heckrotor arbeiten. Die zweite Hauptgruppe sind die Starrflügler, die mittlerweile weit mehr sind als nur Spielzeuge für Junge und Junggebliebene. Die Spannweiten solcher Tragflächenflugzeuge reichen von unter einem Meter bei kleinen, praktischen und aus der Hand startbaren Modellen, bis zu einem Flügelspitzenabstand von über 40 Metern. Letztere bewegen sich in Größenbereichen von Verkehrsjets. Solch große Drohnen wie zum Beispiel der unrühmlich bekannt gewordene Global Hawk finden aber zivil, wenn überhaupt, nur in der Fernerkundung Anwendung. Neben diesen beiden Hauptklassen gibt es noch eine Vielzahl von Exoten. Vor allem Drohnen „leichter als Luft“ wie Ballons oder Zeppeline könnten in Zukunft auf Grund ihrer langen Flugdauer interessant für bestimmte Anwendungen werden. Zusätzlich gibt es noch diverse Kombinationen der drei erwähnten Auftriebsprinzipien, die hier jedoch nicht Thema sein sollen [3].

## 2.1 Multikopter

Die Preise der Multikopter beginnen bereits bei wenigen hundert Euro. Diese Einsteigerklasse wird von den Premiumherstellern gerne als Spielzeug diffamiert und ganz unbegründet ist die Bezeichnung nicht. Viele Komponenten, wie typischerweise die Steuerungselektronik entstammt dem Modellflugzeugbau. So ist die Marke der Fernsteuerung für viele Branchenexperten ein Indiz um welche Qualität es sich bei dem zugehörigen Flieger handelt. Nichtsdestotrotz haben diese Modelle auch ihre Daseinsberechtigung. Ein Fachmann eines der führenden Unternehmen im Bereich der Drohnenvermessung gab zu, dass UAVs noch sehr anfällig sind: „Es stellt sich nicht die Frage ob, sondern wann man die Drohne crasht“. Angesichts eines Preises ab 30.000 € für seine Drohne ist es also keine abwegige Idee mit einem günstigeren Modell in diese neue Technologie einzusteigen. Im Bereich unter 2.000 € hat sich unter anderem der chinesische Hersteller DJI einen Namen gemacht. Die kleinen, weißen und schlichten Quadrocopter kommen aus dem Hobbybereich, können aber mit hochauflösenden Kameras ausgestattet werden.

Die Entwicklung bei Kompaktkameras in den letzten Jahren war beeindruckend. Kleine kompakte Full-HD Kameras wie die goPro sind bezahlbar und vielseitig einsetzbar. Die DJI Phantom Serie ist auf den Marktführer ausgelegt, jedoch gibt es eine breite Auswahl an Kameras anderer Hersteller, die mit etwas technischem Geschick ebenfalls installiert werden können. Das Topmodell, der DJI Phantom 2 Vision+, kommt von Haus aus mit einem Kamera-stabilisator und einer hauseigenen 14 MP Kamera. Dieses Komplettpaket ist mit seinen knapp 1,3 kg für ca. 1.100 € zu haben. Diese Bildqualität ist für viele Anwendungen in der Nahbereichsphotogrammetrie bereits ausreichend. Einzelne Gebäude oder kleine Gebiete können ohne Probleme aufgenommen und zu 3D-Modellen verarbeitet werden. In der Fassadenvermessung und der Baustellenüberwachung kommen derartige Drohnen bereits regelmäßig zum Einsatz. Für die Inspektion „einfacherer“ technischer Anlagen, wie zum Beispiel einer Onshore Windkraftanlage, sind die Voraussetzungen ebenfalls noch gegeben.



**Abbildung 2. Der DJI Phantom 2 Vision+ wird mit einer integrierten 14 MP Kamera geliefert und ist ideal für Einsteiger geeignet. Quelle: DJI**

Für Gelegenheitsnutzer sind preiswerte Lösungen sicherlich eine Option, jedoch gibt es einige gute Gründe ein wenig mehr Geld in die Hand zu nehmen. Für hochqualitative Aufnahmen wird eine hochauflösende Kamera mit einer entsprechenden großen Optik benötigt. Diese sind immer noch schwer und benötigen eine Plattform mit höherer Nutzlast. Derartige Systeme sind in der Lage hochwertige Bilder auch aus weiter Entfernung aufzunehmen. Größere Flughöhen stellen mehr Anforderungen an die windanfällige Flugstabilität. Auch die Kamerastabilisierung wird mit zunehmender Entfernung zum Objekt immer wichtiger, da kleine Drehungen über lange Strecken größere Verzerrungen bewirken.

„Der Mercedes“ in dieser Kategorie ist der Falcon 8 der bayrischen Firma AscTec [2]. Der kleine Oktokopter hat mit seiner außergewöhnlichen V-förmigen Rotorenanordnung Maßstäbe in Sachen Flexibilität und Flugstabilität gesetzt. Die größte Besonderheit an diesem Modell ist, dass die Nutzlast nicht am Unterboden, sondern an der Seite befestigt ist. Dies erlaubt eine Kamera bis maximal 750 g auch nach oben zu schwenken. Der leistungsfähige Akku hält trotz eines Gesamtgewichts von 2,2 kg inklusive Nutzlast eine Flugdauer von 12 bis 22 Minuten. Die Flugzeit hängt auch von der Fluggeschwindigkeit ab (max. 50 km/h). Den Unterschied erkennt man wie bereits erwähnt ebenfalls an der Fernsteuerung. Beim Falcon handelt es sich hierbei eher um ein tragbares Cockpit und wird deshalb auch als „Mobile Bodenstation“ bezeichnet. Neben der manuellen Steuerung, erlaubt sie volle Kontrolle über die bewegliche Kamera, die verschiedenen Flugmodi (z.B. manuell oder GPS-gestützt) und die geplante Flugroute. Auch eventuelle Störungen, wie beispielsweise der Ausfall eines Rotors werden dem Operator gemeldet. Der Hersteller ist so überzeugt von seiner Technik, dass er auf der Intergeo 2014 in Berlin jedermann die Drohne testfliegen ließ.

Die Zuverlässigkeit wird bei Premiummodellen groß geschrieben. So ist die Funkverbindung mit der Bodenstation 2-fach und die Steuerelektronik bis zu 3-fach redundant ausgelegt. Falls der auf mehrere Kilometer ausgelegte Funkkontakt doch einmal abbrechen sollte, leitet die Elektronik automatisch den Rückflug oder eine Notlandung ein. Gleiches gilt für die Rotoren. Durch die große Anzahl bleibt die Drohne manövrierfähig selbst wenn einzelne Triebwerk ausfallen. Nicht nur sind solche Features wichtig für das Überleben des UAV und der Nutzlast, sondern sie stellen auch sicher, dass nichts und niemand anderes zu Schaden kommt. Eine sehr beliebte Anwendung für Videoaufnahmen aus der Luft ist mittlerweile die Überwachung von Hochspannungstrassen. Solche gesetzlich vorgeschriebenen Kontrollen mit einer Drohne durchzuführen ist zwar preiswert und schnell, das Manövrieren durch die Stahlseile fordert dem Piloten jedoch einiges an Können ab. Besonders bei schwierigen Windverhältnissen ist eine präzise Steuerung für den Schutz der Drohne und des Umfelds unverzichtbar.

**Abbildung 3. Die Mobile Bodenstation des AscTec Falcon 8. Die 2,5 kg schwere Steuerung verfügt über zwei unabhängige Funkverbindungen sowie eine Echtzeit Videoübertragung. Über den extra Statusdisplay erhält der Pilot alle relevanten Informationen. Quelle: AscTec**



Mit den technischen Voraussetzungen solch einer hochmodernen Drohne können Inspektionen von Drohnen millimetergenau durchgeführt werden. Besonders große unzugängliche Bauwerke wie Brücken, Staudämme und Hochhäuser lassen sich mit deutlich weniger Aufwand überwachen. Die bessere Optik und Stabilisierung erlaubt aber auch großflächige Aufgaben zu erfüllen wie die Geodatenerfassung für Straßenbau oder Landmanagement.

Neben den erwähnten relativ kleinen Drohnen, gibt es auch die großen Geschwister, die mit einer Sonderzulassung bis maximal 25 kg Gesamtmasse den deutschen Luftraum erobern dürfen. Ihre höhere Zuladung bietet eine größere Flexibilität.

So können neben den relativ preiswerten consumer-grade Kameras auch größere und hochwertigere Spezialkameras als Nutzlast betrieben werden. Diese bieten neben höherer Auflösung und rauschfreieren Bildern zum Beispiel auch Aufnahmen im nahen und thermischen Infrarotbereich. Infrarot findet vermehrt Einsatz in der Land- und Forstwirtschaft, da die Aufnahmen entscheidende Informationen über den Zustand ihrer Bewirtschaftungsflächen liefern können. Je nach Nutzlast sind aber unterschiedliche Arten der Kartografierung in größeren Maßstäben von bis zu einigen Quadratkilometer möglich. Weltpremiere auf der Intergeo 2014 in dieser Klasse feierte das UAS RIEGL RiCOPTER [4]. Er ist auf ein besonders junges Anwendungsgebiet ausgelegt: das drohnengestützte Laserscanning. Geliefert wird es mit dem survey-grade RIEGL VUX-1 UAS LiDAR Sensor, welcher bis zu einer halben Millionen Punkte pro Sekunde aufnehmen kann. Wie auch bei den Kameras bildet diese Neuentwicklung das Zwischenstück zwischen den bereits etablierten terrestrischen und luftgestützten Systemen. Auf Grund der hohen Genauigkeit im Millimeterbereich, soll insbesondere die Überwachung von langen Infrastrukturanlagen wie Stromtrassen, Schienenanlagen und Pipelines effizient durchgeführt werden. Sie wird erreicht durch hohe Flugstabilität und die zentimetergenaue GNSS-Positionierung des UAS sowie durch die variable Flughöhe. Letztere ist wiederum ebenfalls entscheidend für die Auflösung der Geländemodelle. Mit einem Gewicht von fast 4 kg für den kompakten Scanner wird sofort klar, weshalb Drohnen für diese Anwendungen größer ausfallen müssen. Es ist zudem eine schlechte Idee ein Gerät in der Preisklasse eines Laserscanners an einer nicht zu 100 % zuverlässigen Plattform hunderte Meter in die Höhe zu befördern.



**Abbildung 4. Riegl RiCOPTER mit installiertem VUX-1 Laserscanner. Mit einer Flugdauer von über 30 Minuten bei maximaler Nutzlast von 16 kg ist der fast 2 m lange Octokopter für jeden Einsatz gerüstet. Quelle: RIEGL**

## 2.2 Tragflächenflugzeuge

Tragflächenflugzeuge sind die zweite große Gruppe, die sich auf dem Markt der UAVs etabliert hat. Auch hier halten die meisten Hersteller die 5 kg Grenze ein und bieten eine sehr breite Auswahl an Miniaturflugzeugen mit

einer Spannweite zwischen 1 und 2,5 m. Der Großteil dieser kleinen Modelle kann einfach durch einen beherzten Wurf aus der Hand gestartet werden. Für die Landung aus dem Gleitflug genügen wiederum wenige Meter freier Fläche. Die Inbetriebnahme ist folglich vergleichbar mit der von Drehflüglern, das Fliegen jedoch entscheidend schwieriger. Hauptgrund hierfür ist die Tatsache, dass Flugzeuge nicht auf der Stelle bleiben können, sondern immer Schleifen fliegen müssen. Entsprechende Flugassistenzsysteme vergleichbar mit einem Autopiloten sind zwar schon vorhanden, jedoch erkennen diese nicht unbedingt jedes Hindernis in der Umgebung. Angetrieben werden die meisten Modelle von einem hinter dem Rumpf angebrachten Rotor. Im Gegensatz zum bemannten Flugverkehr haben sich bei den UAVs bereits Nurflügler durchgesetzt. Der Übergang zwischen Tragflächen und dem Rumpf ist bei dieser Variante flüssig, sodass zwischen ihnen nicht mehr unterschieden werden kann. Der Rotor sitzt entsprechend hinten auf der Mittelachse zwischen den beiden Tragflächen. Der große Vorteil dieses Konzepts ist, dass die komplette Fläche des Flugzeugs und nicht nur die Tragflächen Auftrieb erzeugt. Allgemein sind Tragflächendrohnen deutlich aerodynamischer geformt als Drehflügler. Dies erlaubt sowohl höhere Geschwindigkeiten als auch längere Flugzeiten.

Der windschnittigen Gleitlinie des Flugzeugs muss sich auch die Kamerahaltung unterordnen. Anstelle einer aufwendig gelagerten und beweglichen Kamera an der Unterseite, sind die Kameras meist im inneren des Flugzeugs untergebracht. Auf Grund des damit verbundenen Platzmangels ist die Rotationskompensation um die Roll- und die Pitchachse größeren Modellen vorbehalten. Für Luftbildaufnahmen werden Drohnen üblicherweise nicht von Hand gesteuert sondern fliegen per GNSS/INS integrierter Navigation eine vorprogrammierte Flugplanung ab. Diese Vorgehensweise reduziert die Anforderungen an den Piloten auf ein Minimum.

Um ein sehr verbreitetes Modell handelt es sich bei eBee des Schweizer Herstellers senseFly. Die „elektrische Biene“ wird als die am einfachsten zu betreibende Minidrohone auf dem Markt beworben, für deren Bedienung keinerlei Vorkenntnisse notwendig seien. Nach dem Start aus der Hand übernimmt die interne Steuerung automatisch mit dem Abfliegen der vorprogrammierten Flugstreifen und bringt den Styroporflieger auch wieder sicher zu Boden. Mit einer maximalen Flugzeit von 50 Minuten und einer Höchstgeschwindigkeit von 90 km/h ist der knapp 700 g schwere Flieger in der Lage in nur einem Durchgang eine Fläche von mehreren Quadratkilometern aufzunehmen. Größere Drohnen wie zum Beispiel die G212 oder G220 von GerMAP bieten zwar nicht unbedingt höhere Geschwindigkeiten oder längere Flugzeiten jedoch eine deutlich größere Zuladung. Dies erlaubt den Einbau einer Kamerastabilisierung und die Verwendung größerer Kameras. Die so verbesserte Bildqualität erlaubt durch größere Flughöhen die Aufnahme noch größerer Gebiete. Preise für solche Systeme bewegen sich je nach Ausstattung zwischen 10.000 € und 30.000 €. Nach oben ist dem Ganzen praktisch keine Grenze gesetzt, jedoch ist es für Drohnen über 5 kg sehr kompliziert eine Aufstiegs Genehmigung zu erhalten. Auch die benötigten größeren Flächen für Start und Landung sowie die maximale Flughöhe machen sie nur für hoch spezialisierte Unternehmen interessant.

**Abbildung 5. Im Vergleich wurden 180 Messpunkte mit einem Tachymeter innerhalb einer halben Stunde und 2000 m<sup>2</sup> in 24 Minuten mit einem MULTIROTOR G4 4.8 GeoCopter aufgenommen. Hinzukommt die Zeit für die Einmessung der Zielmarken, die notwendig sind um eine Messgenauigkeit von 6 mm bei 1mm Bodenauflösung zu erreichen.**



<http://www.service-drone.com/de-de/production/surveying>

### 3. Konkurrenz für klassische Methoden

Der Einsatz von UAVs in der Vermessung wird von den Herstellern als Revolution angepriesen. Sie stehen in Konkurrenz sowohl mit bemannten Luftbildflügen als auch der terrestrischen Vermessung.

#### 3.1 Luftbilder

Im Prinzip unterscheiden sich Bildflüge per UAV kaum vom bemannten Flug. Sie sind viel mehr die kleinen Geschwister der großen Flugzeuge mit ihren millionenschweren Großformatkameras. Flugplanung und Auswertung der Bilder kann mit den gleichen Softwaretools durchgeführt werden und die Qualität der Ergebnisse ist vergleichbar. Gängige Anwendungen sind Agisoft PhotoScan und IGPlan. Ob Orthophotos oder Digitale Geländemodelle aus 3D Punktwolken, der Ursprung des Bildmaterials ist zumeist nur an den Dimensionen des aufgenommenen Gebiets zu erkennen. Große Propellermaschinen können mit hoher Geschwindigkeit sehr große Flächen aufnehmen. Heutige Drohnen sind jedoch wie viele andere Hightech-Produkte stark eingeschränkt durch ihre Batteriekapazität. Auch die kleineren Kameras und die geringen Flughöhen tragen dazu bei, dass man sich meist mit einer Fläche von weniger als einem Quadratkilometer zufrieden geben muss, abhängig von der gewünschten Bodenauflösung. Diese lässt sich über die Flughöhe und den optischen Zoom der consumer-grade Kameras bis auf wenige Zentimeter verbessern. AscTec bewirbt seinen Falcon 8 damit, dass er in der Lage ist 35 Hektar mit einer Ground Sampling Distance (GSD) von 2 cm aufzunehmen. Die Fläche nimmt für geringe Anforderungen entsprechend zu und der unkomplizierte Start- und Landevorgang erlaubt eine Steigerung der Reichweite durch ein schnelles Austauschen des Akkus. Neben der Reichweite der Drohne ist auch die Reichweite der Fernsteuerung ein limitierender Faktor. Die effektive Reichweite der 2,4 GHz Funkantennen liegt je nach Bedingungen oft nur bei einem Kilometer. Auch der Sichtkontakt wird besonders für kleine Drohnen mit zunehmender Distanz deutlich erschwert. Für viele Projekte ist somit eine Verlegung des Pilotenstandpunkts notwendig.

Die niedrige Flughöhe bringt aber Vorteile mit sich. So sind Aufnahmen aus geringerer Höhe weniger wetterabhängig, da deutlich unterhalb der Wolken geflogen wird. In unseren Breiten erlauben diese im Schnitt ansonsten nur 50 Flugtage pro Jahr. Eine Tatsache, die besonders ärgerlich ist, wenn das Flugzeug lange im Voraus gebucht werden musste. Diese Unsicherheit ergibt sich ebenfalls durch den Erwerb eines eigenen Systems. Starker Niederschlag ist für sämtliche optische Vermessungstechniken problematisch, besonders für UAVs kritisch hingegen sind stärkere Winde und Böen. Dies gilt sowohl für den Nahbereich, in dem sie gegen Hindernisse stoßen können, als auch für große Höhen, in denen sie Probleme bekommen ihre Flugbahn zu halten und ihre Kamera zu stabilisieren. Je nach Modell und Flugmodus ist bei einer Windgeschwindigkeit von 10 bis 15 m/s Schluss.

#### 3.2 Terrestrische Aufnahmen

Für die meisten Anwendungen kommt eine bemannte Luftbildbefliegung grundsätzlich nicht in Frage. Die UAVs stehen viel mehr in Konkurrenz zu Tachymetern und GPS-Rovern. Nicht nur können gut ausgestattete Systeme innerhalb eines Fluges Objekte mit Genauigkeiten von weniger als einem Zentimeter aufnehmen, sondern liefern sie auch gleichzeitig das entsprechende Orthophoto. Ähnlich hochwertige Ergebnisse erreichen nur Laserscanner. Jener bewegt sich preislich meist in einer anderen Liga und benötigt oft mehrere Standpunkte. Auf der anderen Seite sind für hochgenaue Photogrammetrie je nach System eingemessene und signalisierte Messpunkte notwendig und ein Großteil der im Feld eingesparten Arbeit verlagert sich lediglich in das Büro zur Auswertung [5]. Eine Tatsache die bei vielen im Außendienst tätigen Vermessern gemischte Gefühle hervorruft.

Den größten Fortschritt bringen die kleinen Helfer jedoch im Monitoring. In regelmäßigen Abständen und ohne Risiko für Leib und Leben können Landschaft und Bauwerke vermessen werden. Nicht nur können Änderungen aus den Punktwolken berechnet werden, sondern ermöglicht die Bildgebung auch eine optische Inspektion

der Oberfläche. Aufgaben, die bisher nur von Industriekletterern durchgeführt werden konnten, sind jetzt sicher vom Boden aus zu erledigen. Ebenfalls ist der direkte Vergleich von Aufnahmen unterschiedlicher Zeitpunkte möglich.

### **3.3 Luftgestütztes Laserscanning**

Die neueste Entwicklung in Sachen Nutzlast für UAVs ist LiDAR. Im Großen und Ganzen sind die Systeme in der Lage alle Aufgaben eines terrestrischen Laserscanners zu erfüllen, ohne das Problem des festen Standpunktes. Abschattungen durch Objekte führen dazu, dass für vollständige Scans mehrmals der Standpunkt verlegt werden muss. Dieser mühsame Vorgang mit den teils sehr schweren Geräten kostet Zeit und erzeugt unter Umständen viele redundante Messungen. Eine Drohne überwindet diese Einschränkung mühelos auf Knopfdruck und ermöglicht so eine optimale Ausleuchtung von Objekten aus beliebigem Winkel und Höhe [6].

#### **Literatur**

- [1] GerMAP. Technisches Merkblatt G220, G180. German Mapping, 2014.
- [2] Ascending Technologies GmbH. AscTec Professional Line Katalog 2015.
- [3] UVS International. RPAS Yearbook. Blyenburgh & Co, 12 edition, 2014.
- [4] RIEGL Laser Measurement Systems GmbH. RIEGL Ri-COPTER with VUX-1, 2014.
- [5] Lewis Graham. Adventures in aviation. GeoConnexion International, October 2014.
- [6] Gert Riemersma. A marriage made in heaven. GeoConnexion International, October 2014.

# IGSM 2014 – International Geodetic Students Meeting Istanbul, 25.6.2014 – 1.7.2014

---

Prepared by: Mehdi Fedan

Sponsored by: F2Geos Verein Freunde des Studienganges Geodäsie und Geoinformatik  
an der Universität Stuttgart e.V.

## **Acknowledgement**

This document represents a brief description about the main topics that were discussed during the version of this year 2014 of IGSM. First things first, I tend to thank F2Geos, our sponsor for this event. I wish, in the name of my colleagues, to express our gratitude to F2Geos who, through its generosity, have helped to make our participation to this event possible. This is my first participation to IGSM and all what can I say, is that the host university – Istanbul Technical University – did a remarkable organizational work. These students who were in the middle of examination period or diploma thesis knew how to manage their time but also the whole event. I would like to thank them for all their efforts and hospitality in the name of my colleagues from Stuttgart University.

## **Der vollständige Bericht ist nachzulesen unter:**

<http://www.f2geos.de/pdf/IGSM%202014.pdf>



Group-Photo of students from Stuttgart University

## 4. KonGeoS Wien, 29.5.2014 – 1.6.2014

---

Auch dieses Jahr haben die Geodäsiestudenten zum Vatertag ihren Bollerwagen in der Garage gelassen und sind wieder zur KonGeoS gefahren. Eingeladen hatte die TU Wien, die mit einer genialen Location, viel Einsatz und einem tollen Programm fast 200 Kongeonauten in die österreichische Hauptstadt zog. Inklusiv der Oldies und unserer beiden polnischen ERASMUS Studentinnen, nahmen 17 Studenten der Universität Stuttgart teil.

Ziel der Veranstaltung war in den diversen Sitzungen und Arbeitsgruppen die Qualität und die Attraktivität des Geodäsiestudiums zu verbessern. Zentrale Themen waren die Veröffentlichung der Erstsemesterfragebögen, die Einbindung der englischen Sprache in das Studium, der Wechsel der Hochschule für den Master und die Zusammenarbeit mit den österreichischen und schweizerischen Fachverbänden. Begleitet wurde die Konferenz von tollen Exkursionen und einem Rahmenprogramm, das keine Wünsche offen ließ.



### Atominstitut der TU Wien

Österreich gewinnt seine Energie zum größten Teil aus Erdöl und Erdgas und besitzt kein Atomkraftwerk. Trotzdem besitzen die Österreicher einen kleinen Atomreaktor und zwar mitten in Wien!

Dieser Forschungsreaktor steht im Atominstitut der TU Wien. Mit maximal 250 kW hat er aber nicht einmal genug Leistung, um das Gebäude in dem er

steht mit Energie zu versorgen. Die bei der Kernspaltung frei werdenden schnellen Neutronen werden aus dem Reaktorkern über vorbestimmte radiale Strahlengänge zu den bereitstehenden Experimenten geführt. Dabei heizen die Brennstäbe, in denen sie sich befinden, auf und so ist es im Reaktorraum stets zwischen 25 und 35 Grad Celcius warm. Die Brennstäbe sind von zweieinhalb Metern Beton umgeben, um eine Strahlenbelastung nach außen hin nahezu zu eliminieren. Auch bei extremen Unfällen wie Erdbeben oder Terroranschlägen besteht für die Wiener Bewohner keine Gefahr, da die Leistung des Forschungsreaktors hierfür einfach zu schwach ist und entsprechende Notfallmaßnahmen getroffen sind. Der Reaktor ist im Durchschnitt an 220 Tagen im Jahr in Betrieb, an denen sich dann auch die hellblaue Tscherenkow-Strahlung beobachten lässt. Leider war am Tag unseres Besuches der Reaktor abgeschaltet, was dafür aber einen uneingeschränkten Einblick auf die Brennstäbe ermöglichte.



Das Atominstitut beschäftigt sich mit diversen Forschungsgebieten. So hat auch die weiterführende Strahlenphysik eine große Bedeutung und wir konnten uns von der Strahlungsintensität verschiedener Gesteine, Uranglas, sowie älteren Kacheln und Fliesen (welche früher, um für einen schönen Glanz zu sorgen, mit Uran bearbeitet wurden) überzeugen. Dazu kam noch der Test mit UV-Licht, welches die verschiedenen Gesteine zum Leuchten brachte.

Ein weiteres großes Forschungsgebiet ist der Bereich der Supraleiter. Diese könnten die Energietransportprobleme unserer Erde lösen, wenn es möglich wäre sie bei normalen Temperaturen zu verwenden. Supraleiter sind mittlerweile fast überall im täglichen Gebrauch zu finden. Neben dem Handy kommen Supraleiter beispielsweise auch bei Magnetresonanztomographen (MRT) in der Medizin und beim Bau von Magnetschwebebahnen zum Einsatz. Ihre Fähigkeit bei entsprechender starker Abkühlung über einem Magneten schweben zu können sorgt dafür, dass sich die Kombination von zwei Supraleitern über eine Magnetbahn quasi ohne Energieverlust (abgesehen von der Reibung durch die Luft) bewegen kann. Auch ist eine solche Kombination quasi entgleisungssicher, da Supraleiter stets zurück in ihre Ausgangsposition gezogen werden.



Quelle: [http://ati.tuwien.ac.at/fileadmin/t/ati/ati/pictures/Slideshow\\_Startseite/grosse\\_bilder/tts2.jpg](http://ati.tuwien.ac.at/fileadmin/t/ati/ati/pictures/Slideshow_Startseite/grosse_bilder/tts2.jpg)

### Bericht Opel Werk Aspern

Das besichtigte Opel Werk in Wien befindet sich in der Gemeinde Aspern und ist das weltweit größte Motorenwerk der General Motors Company. Produziert werden Motoren und Getriebe, welche spezialisiert sind auf Umweltfreundlichkeit und Wirtschaftlichkeit. Täglich werden 2400 Motoren produziert, was ungefähr einem Motor alle 26 Sekunden entspricht. Jeder dritte Opel fährt mit einem in Wien produzierten Motor und sogar jeder Zweite mit einem Getriebe aus diesem Werk.

Bevor die eigentliche Werksführung begann, wurde eine kleine Ausstellung der produzierten Motoren, die immer kleiner und effizienter werden, präsentiert. Ziel ist es den Spritverbrauch stetig zu senken. Unter anderem wurde der Aufbau eines Motors erklärt und die Unterschiede eines Automatik-, eines Tiptronic- und eines manuellen Getriebes verdeutlicht.

Anschließend begann die Führung durch das Werk, welches wie ein Straßennetz aufgebaut ist. Die markierte Route durch das Werk ist aufgeteilt in einen Fußgängerweg und eine Straße für den gesamten internen Verkehr. Auch ein direkter Bahnanschluss ist vorhanden. Die Produktionshalle umfasst eine Länge von ungefähr einem Kilometer und ist ausgestattet mit vielfältiger Robotertechnik für die fast vollautomatisierte Produktion und einem ausgeklügeltem Fördersystem. Es wurden die verschiedenen Bereiche Fertigung, Montage, Anlieferung und Kontrolle (mittels Lasermesstechnik) besucht. Die Motoren werden überwiegend von Robotern und nur vereinzelt von Menschen zusammengebaut. Explizit gezeigt wurde das Fräsen von Zahnrädern, da diese nach dem Fräsvorgang durch Lasermesstechnik kontrolliert werden. Durch das gesamte Gebäude ziehen sich Fließ- und Förderbänder, die den Stück für Stück wachsenden Motor von Station zu Station befördern.

Durch das angewandte „Just-In-Time“ Fertigungsprogramm besitzt das Opel Werk keinen Lagerraum, denn jeder produzierte Motor ist bereits verkauft und geht sofort in den Versand nach seiner Fertigstellung. Hauptabnehmer der Motoren sind Spanien und Deutschland.



### **U-Bahn Verlängerung U1**

Um die Nahversorgung weiter auszubauen, verlängert Wien seine U-Bahn Linie U1 um ca. 4,5 km (Bauvolumen ca. 600 Mio. €). Die Exkursion begann im Informationsbüro und wurde vom stellvertretenden Bauleiter und dem Vermessungsbeauftragten, einem Professor der TU Wien, durchgeführt. Sie erläuterten uns die Details der vorbereitenden Messarbeiten, sowie das erstellte Lagefestpunktnetz mit anschließender weicher Lagerung der Festpunkte. Des Weiteren wurde auf die verschiedenen Schwierigkeiten und Genauigkeitsansprüche der Trassenabschnitte eingegangen.

Im Wesentlichen handelt es sich dabei um einen Kreuzweichenabschnitt, der einen Wechsel der Fahrspuren erlaubt und hochpräzise eingepasst werden muss. Zusätzlich wurde auf die Trassierung und den Bau der „Wiener Bögen“ eingegangen, welche eine komfortable Kurvenfahrt ermöglichen.



Nach der Theorie folgte die Praxis: Die Bauarbeiten werden von verschiedenen Angriffspunkten an der Oberfläche, zuerst in die Tiefe und dann in die Breite vorangetrieben. An solch einem Bauabschnitt stiegen wir hinab in den Rohbau. Im Laufe der Führung erhielten wir Informationen über die Beschaffenheit des Untergrundes. Nach dem zweiten Weltkrieg wurden vielerorts Trümmer als Füllmaterial verwendet. Eine Füllung, die bei heutigen Baumaßnahmen zu starker Setzung von bis zu 16 cm führt. Weiterhin wurden wir über das Grundwassermanagement und dessen Risiken informiert. Viele der geschilderten Probleme treten auch bei Stuttgart 21 auf. Untertage durchliefen wir den Rohrtunnel der U-Bahn und konnten die Trassierungsarbeiten und Verschalungen, sowie den Bau einer Station begutachten.

### Stadtführung

Am Samstagnachmittag waren wir zur Stadtführung eingeladen, die uns hauptsächlich durch die Innenstadt Wiens führte.

Die Tour begann am berühmten Stephansdom. Unser Führer erklärte uns die Baugeschichte und den kulturellen Hintergrund. Außerdem erläuterte er den Grund der Namensgebung sowie die Hauptteile des Doms mit ihrer Geschichte und Entwicklung. Danach gingen wir zum Hohen Markt, um die Ankeruhr zu bestaunen. Entlang der Straßen bewunderten wir die schönen Brunnen und die großzügigen Dekorationen an den Fassaden. Die Wiener Altstadt ist voll mit Kirchen aus verschiedenen Epochen und unterschiedlichen Bauarten. Beispielsweise die Jesuitenkirche, die direkt neben der alten Universität liegt, mit ihrem prachtvollen Schiff und ihrer „3D“ visuellen Täuschung unterm Dach. Vor der Peterskirche trafen wir auch zufällig ein neu vermähltes Paar, das gerade von seiner Hochzeit kam und mit Freunden und Verwandten ausgelassen feierte. Die letzte Station der Stadtführung war die Hofburg, der ehemalige Palast der Habsburger. Dort im Zentrum der wienerischen Museumslandschaft endete unsere Führung und der Besuch der weltberühmten Museen wurde uns ans Herz gelegt.



### Besuch des Technischen Museums in Wien

Das Technische Museum Wien bietet viele verschiedene Möglichkeiten sich mit Technik und ihrer Funktionsweise auseinander zu setzen. Neben Ausstellungen zu technischen Errungenschaften der letzten Jahrhunderte, wie Autos, Lokomotiven oder Flugapparaten, gibt es auch Bereiche in denen man selbst Hand anlegen und in vielen Versuchen die Welt der Physik und der Technik ausprobieren kann.

Im ersten Stock des Museums hat man die Möglichkeit die Geschichte des Automobils nach zu verfolgen. Hier stehen Autos die noch in die Jahrhundertwende vom 19. Jahrhundert zurückdatiert werden können. Nebenan befindet sich eine Ausstellung zu Musikinstrumenten, die auf Klaviere und Pianos verschiedenster Bauweisen und Anwendungen spezialisiert ist.

Geht man nun in das unterste Ausstellungsgeschoss findet man sich in einer Welt der Lokomotiven und Schwerindustrie wieder. Von der Dampflok bis zum Luxuswaggon der ersten Klasse kann hier alles entdeckt und besichtigt werden. Daneben findet man Informationen zum Brückenbau, zur Förderindustrie und zur Bauwerksplanung.

Sehr interessant war auch eine Reihe älterer und neuerer Messinstrumente der Geodäsie. Zum Beispiel ein Tachymeter von Wild und ein Gyroskop für den Bergbau. Man fühlte sich an die Lager der Universität erinnert.

Aber auch das modernere Handwerk wurde vorgestellt. So wird gezeigt wie eine Starkstromleitung im Gegensatz zu einer Schwachstromleitung aussieht oder wie man mit Sonnenenergie Strom erzeugen und verwenden kann. Im mittleren Stockwerk befindet sich die Sonderausstellung „Space“. Hier erfährt man Dinge über Raumfahrt und Satellitentechnik aber auch etwas über den Marsrover „Curiosity“. Diese Ausstellung war besonders interessant. Verschiedene Raketentypen waren zu sehen und wurden erklärt sowie die Ausrüstung der Astronauten. In einem kleinen Planetarium konnte man sich ins All entführen lassen und entdecken wie der Krebsnebel entstand. Das für mich interessanteste Ausstellungsstück war ein Modellnachbau der „Curiosity“ und deren Navigationssystem, mit dem er sich auf dem Mars zurechtfindet ohne irgendwo anzuecken.

Das Technische Museum Wien ist sehr empfehlenswert für große und kleine Entdecker. Es gibt sehr viel zu sehen und auszuprobieren. Das Ganze beinhaltet einen hohen Lernfaktor. Es ist auch völlig irrelevant in welche Richtung man sich für Technik interessiert, da fast jeder Bereich im Museum abgedeckt ist und anschaulich erklärt wird.



### **Besuch beim ORF – Backstage**

Nach einer Fahrt quer durch Wien erreichen wir in einer ruhigen Wohngegend das ORF-Zentrum in Küniglberg, wo wir in einem sehr modernen Vorraum begrüßt wurden.

Zu Beginn erfuhren wir im TV-Museum viel über die Geschichte des ORFs und wurden in die Entwicklung der Kameras eingeführt. Ausgestellt waren sehr viele Kameras, von alten Sammlerstücken bis zu neuer HD Ausrüstung. Interessant waren die wichtigsten Unterschiede zwischen Studiokameras und den tragbaren Kameras. In der Hall of Fame war unter anderem das Kleid ausgestellt, in dem die Österreicherin Conchita Wurst dieses Jahr den European Song Contest gewann.

Anschließend hatten wir die Möglichkeit die verschiedenen Studios hautnah zu besichtigen – von den kleinen Studios für beispielsweise die Sendung „Heute Konkret“ bis hin zu dem 1500 m<sup>2</sup> großen Fernsehtheater, dem größten Studio in ganz Österreich. Darin werden Sendungen wie „Dancing Stars“ oder andere große Shows produziert. Zur Zeit unserer Führung wurde in diesem Studio gerade das „WM Studio“ für die kommende Fußball-WM aufgebaut. Die Besonderheit bei unserer Führung war, dass wir sogar einen Klimaraum besichtigen durften, den eigentlich keine Gruppe zu Gesicht bekommt. Von dort aus wird das große Fernsehtheater auf eine niedrige Temperatur heruntergekühlt, damit die Moderatoren während der Sendung keine Schweißperlen auf dem Gesicht bekommen.

Zum Abschluss kamen wir dann im ORF-Erlebnisstudio selbst vor die Kamera. Wir wurden zu Wetterfröschen, Nachrichtensprechern, fliegenden Hexen auf einem Besen oder gemeinsam zu einer großen tanzenden Volksmusikgruppe.

Nach einem sehr interessanten und lustigen Nachmittag machten wir uns anschließend mit einer Erinnerungs-DVD von unserem ersten Fernsehauftritt zufrieden auf die Rückreise zur TU Wien.



## 5. KonGeoS

Bochum, 16. – 19.10.2014 Ausflug Geothermie und Solarcar Hochschule Bochum

---

### **Die Exkursion „Solarcar“ startete an der Hochschule selbst.**

Erste Station war das Geothermie-Zentrum der Hochschule. Dort wurde uns erläutert wie die Bohrungen funktionieren, die nötig sind um Geothermie betreiben zu können. Es wurden Bohrkernherumgereicht von verschiedenen Steinschichten, aus unterschiedlichen Tiefen, die an verschiedenen Stellen entdeckt wurden. Einer davon bestehend aus Sandstein, was ein sehr häufiges Gestein in Deutschland ist. Anschließend wurde auch der dazugehörige Bohrkopf genau erklärt. Es wurde gezeigt wie der Bohrkopf mit einer Mischung aus Drehen und Schlagen (Prinzip Schlagbohrer) in den Boden getrieben wird um eine Art Rohr im Gestein zu erschaffen.

Die Hochschule Bochum benutzt für ihre Bohrungen das größte, noch mobile Modell der Bohrer, mit welchem Löcher bis zu über 500 m Tiefe, zum Teil wesentlich mehr, geschaffen werden können. Diesen durften wir dann auch aus der Nähe betrachten, sehr zum Bedauern einiger Gruppenmitglieder, nicht in Betrieb. Nichts desto trotz war dieser sehr beeindruckend.

Geothermie funktioniert mit Wärmepumpen. An der Hochschule sind es 17 Bohrlöcher, die bis in eine Tiefe von 200 m gehen, wo Temperaturen um die 14 Grad Celsius herrschen. In den Löchern stecken Kunststoffrohre (4 Stück), die umgossen werden mit Beton. Durch diese wird dann die Flüssigkeit, mit Frostschutzmittel zugesetzt, gepumpt, welche dann die Wärme an die Pumpen abgibt, wo sie in Energie umgewandelt wird. Die Energie reicht der Hochschule im Winter zum Heizen und im Sommer zum Kühlen.

### **Zweite Station der Exkursion war das Solarcar der Hochschule.**

Das Solarcar wird von den Studenten der Hochschule selbst entwickelt und fabriziert. Die Idee dabei ist es ein effizientes Fahrzeug für die Stadt zu entwickeln. Das Gefährt besteht aus einem extrem leichten Carbongehäuse, welches sehr windschnittig konzipiert wurde. Das Dach besteht aus 300-400 Photovoltaik-Zellen, welche auch bei Raumsonden oder Satelliten verbaut werden. Die Oberfläche dieser Plättchen setzt sich zusammen aus Abermillionen kleinen Prismen, die das diffuse Licht unserer Atmosphäre auf einen Strahl bündeln. Somit kann das Sonnenlicht noch effizienter genutzt werden. Uns wurde erklärt, dass dieses Exemplar vergleichsweise große Batterien hinter den Hinterrädern sitzen hat. Das führt zu einer höheren Laufzeit des Mobils.

Die Mühen, die die Studenten der Hochschule auf sich genommen haben, haben sich dann auch ausgezahlt. Bei der Teilnahme an der European Solar Challenge (ESC) belegte das Team Bochum gleich die ersten beiden Plätze, mit zwei unterschiedlichen Modellen. Nun gehen die Vorbereitungen los für die WSC, die World Solar Challenge, welche 3000 km einmal quer durch Australien geht. Hier geht es dann um das Langzeit-Fahrvermögen der Solarcars.



### Stadtekursion zum Zeiss Planetarium Bochum

Am Samstagnachmittag besuchten wir im Rahmen der Stadtekursionen das Zeiss Planetarium Bochum. Das Planetarium liegt in unmittelbarer Nähe der Innenstadt. Es wurde 1964 erbaut und 2010 nach einem Umbau neu eröffnet. Es gehört zu den modernsten Einrichtungen dieser Art weltweit. Das Zeiss Planetarium besitzt eine 15 Meter hohe Kuppel mit einem Durchmesser von 40 Metern.



### Faszinierendes Weltall

In unserer Vorführung, die Astronomie Show „Faszinierendes Weltall“, bekamen wir eindrucksvolle Bilder des Alls von der Erde bis zum Rand des beobachtbaren Universums. Beginnend bei der Erde führte der Weg zu den Nachbarplaneten unseres Sonnensystems mit atemberaubenden Landschaftsbildern des Mars, des Jupiters und des Saturns. Danach verließen wir unser Sonnensystem und erhielten Eindrücke unsere Galaxie, der Milchstraße. Doch ging die Reise weiter bis hin zu fernen Galaxien, die uns nicht nur eine Reise durch den Raum ermöglichte sondern auch durch die Zeit bis beinahe zum Anbeginn.

Untermalt wurde das Ganze von einem Soundtrack, der extra für diese Show vom Zeiss Planetarium selbst produziert wurde.

### Garzweiler RWE

Der Tagebau Garzweiler ist ein Braunkohle-Tagebau der RWE Power AG. Das Abbaugelände erstreckt sich über eine Fläche von rund 30 km<sup>2</sup>. Die Geschichte dieses Tagebaus reicht bis ins 19. Jahrhundert zurück und beheimatet heute die größten Bagger der Welt. Die Führung begann mit einer kurzen Präsentation im Besucherzentrum des Tagebaus. Es wurden uns dabei die groben Eckdaten des Braunkohle-Tagebaus präsentiert. Danach sind wir mit dem Geländebus zu einem Aussichtspunkt gefahren, von dem man den kompletten Tagebau und dessen Struktur begutachten konnte. Unser Führer erklärte uns die verschiedenen Abläufe des Braunkohle-Tagebaus. Ein extra für die Besichtigung hinzu gezogener Geodät erklärte zudem wie die Erdmassenbewegungen im Tagebau durch Messungen kontrolliert werden. Anschließend sind wir mit dem Geländebus durch den Tagebau gefahren und



haben einen Bagger aus nächster Nähe beim Braunkohle abbauen beobachtet. Beachtliche 50 Jahre hat dieser Bagger auf dem Buckel und unser Führer hat uns berichtet, dass diese Art von Bagger auf 100 Jahre konzipiert sind. Sehr eindrucksvoll waren beim Besichtigen des Geländes die vielen und langen Kohlefließbänder, die die Kohle vom Abbau bis zum Kohlekraftwerk mit einer Geschwindigkeit von ca. 20 km/h bringen. Am Ende unserer Führung besichtigten wir noch eine vor fünf Jahren renaturierte Stelle des Flusses Inden. Der Fluss musste wegen des Braunkohle Abbaus zeitweise umgelegt werden.

### **Fachexkursion: Rewirpowerstadion**

Im Rewirpowerstadion trägt der VfL Bochum Woche für Woche seine Fußballspiele aus. Ein wichtiger Bestandteil des Stadions sind die Spannbetonträger, welche das Dach halten. Über die Jahre hat das Wetter die Betonteile angegriffen und so dafür gesorgt, dass der Beton bröckelt und Wasser eindringt. Berechnungen von Experten haben ergeben, dass beim Bruch von drei der 38 Betonträger der Einbruch des ganzen Daches möglich wäre. Die Hochschule Bochum wurde damit beauftragt ein Überwachungssystem einzurichten, welches die Bewegungen des Daches misst und gegebenenfalls Alarm schlägt.

Man entschied sich für ein tachymetrisches Messsystem mit dem zu dem Zeitpunkt besten verfügbaren, motorisierten Tachymeter, dem Leica TCA2003. Dieses ist auch heute noch im Einsatz. Pro Spannbetonträger wurden zwei Prismen angebracht. Der Tachymeter wurde so programmiert, dass er durchgehend sämtliche Prismen anfährt und diese im eigens dafür angelegten Koordinatensystem, welches durch zwei weitere Messpunkte außerhalb des Stadions gestützt wird, misst. Eine zusätzlich angebrachte Wetterstation auf dem Dach des Stadions soll die Verbindung zwischen den Bewegungen des Daches und der aktuellen Wettersituation herstellen. Schon bald zeigten die ersten Messungen die erwarteten Bewegungen wie das Ausdehnen bei Temperaturanstiegen am Tage. In diesem Fall sinkt das Dach tagsüber um ungefähr 10 mm. Ein Computer im Stadion rechnet stets die aktuellen Veränderungen aus und schlägt bei einer Überschreitung der Grenzwerte Alarm. Die Werte können auch stets von der Hochschule aus über einen Remote Zugriff eingesehen werden, was eine ständige Anwesenheit im Stadion überflüssig macht. Das Überwachungssystem hat bisher erst einmal angeschlagen, als extremer Schneefall für schwere Lasten auf dem Dach sorgte. In diesem Fall konnte durch einfaches Schneeräumen ein schlimmerer Ausgang verhindert werden. Durch das Alarmsystem kann auch weiterhin ein sicherer Stadionbesuch ermöglicht werden und der VfL Bochum hofft auf den baldigen Wiederaufstieg in die erste Liga.



### Exkursion: Geocaching

Geocaching ist eine Art elektronische Schatzsuche oder moderne Schnitzeljagd. Die Schatzsuchenden begeben sich dabei, ausgerüstet mit einem GNSS Empfänger, auf die Suche nach einem, durch einen anderen Geocacher, zuvor versteckten Cache (= „Schatz“).

Das Geocaching hat seine Wurzeln im „Letterboxing“, einer Freizeitbeschäftigung, die es seit dem 19. Jahrhundert gibt. Hierbei wurden ebenfalls kleine „Schätze“ versteckt, deren Position in Rätseln verpackt wurde. Die Schatzsucher mussten diese dann mit Hilfe von Kompass und Landmarken finden.

Mit der Abschaltung der „Selective Availability“ im US-Amerikanischen GPS-NAVSTAR System, wurde es ab Mai 2000 möglich, auch für nicht militärische Nutzer eine Genauigkeit der Positionsbestimmung per GPS-Signal von einigen Metern zu erreichen. Schon in den ersten Tagen nach der Freigabe rief Dave Ulmer, ein Amerikanischer Informatiker, in einer Usenet-Group dazu auf, ein weltweites Spiel zu starten und an besonderen Orten Behälter mit Tauschobjekten und einem Logbuch zu verstecken.

Heute, über 14 Jahre später existieren laut dem größten Geocach Verzeichnis geocaching.com über 2,5 Millionen Geocaches, welche von mehr als 6 Millionen Usern gesucht und versteckt werden.

Die große Anzahl wird veranschaulicht, wenn man eine Karte von existierenden Geocaches ansieht. Es gibt kaum einen Ort in Deutschland der nicht weiter als 500 m vom nächsten Cache entfernt ist und in den großen Städten findet man sie in jeder Straße.

Es gibt verschiedenen Klassen von Geocaches, die wichtigsten sind „Traditional“ und „Multi“. Bei einem Traditional Cache sind die Koordinaten des Caches von Anfang an bekannt und er kann direkt aufgesucht und gehoben werden. Der Reiz liegt meist in der Landschaft oder dem Ort an dem er versteckt wurde. Der Multi Cache ist mehr an eine Schnitzeljagd angelehnt. Die Anfangskordinaten sind bekannt, allerdings führen sie nur zu einem Ort an dem ein Rätsel gelöst werden muss, was nur vor Ort möglich ist („Zahlen von Schildern ablesen, Fenster an einem Gebäude zählen etc.“). Aus der Antwort ergeben sich dann die Koordinaten der nächsten Station.

Am Ende aller Touren befindet sich der eigentliche Cache, meist eine wasserdichte Box oder Kapsel, in welcher sich kleine Gestände und ein Logbuch befinden. Hebt man den Cache, trägt man seinen Namen und das Datum in das Logbuch ein und tauscht einen der Gegenstände gegen etwas Mitgebrachtes, hierbei gilt „Trade up, trade equal or don't trade!“.

Im Rahmen der KonGeoS in Bochum, wurde Geocaching als Exkursion angeboten. Eine sehr nette und engagierte Dame erklärte uns das oben Beschriebene, gab jeder Gruppe einen „GARMIN eTrex 10“ GPS-Empfänger und einen Zettel mit der Cache Beschreibung und entließ uns zu unserem ersten Multi Cache. Die Suche führte uns über das Gelände der Jahrhunderthalle, einem alten Industriegelände, welches mittlerweile zu einem schönen Park und Veranstaltungsort umgebaut wurde. Die verschiedenen Aufgaben beschäftigten sich alle mit der Geschichte und der Architektur des Geländes.

Als wir nach ca. einer Stunde alle fertig waren, bedankten wir uns bei unserer Führerin und begaben uns auf den Weg zurück, jedoch nicht ohne gemeinsam mittels Smartphone und eines kleinen Umweges, noch einen weiteren Cache zu heben.

Links:

Verzeichnis aller geocaches: <https://www.geocaching.com/>

Sehr guter Podcast zum Thema: <http://cre.fm/cre204-geocaching>

Jahrhunderthalle: [http://de.wikipedia.org/wiki/Jahrhunderthalle\\_%28Bochum%29](http://de.wikipedia.org/wiki/Jahrhunderthalle_%28Bochum%29)

### Zeche Zollverein

Am Samstagmorgen hieß es „Glück auf“ in der „größten, modernsten und schönsten Zeche der Welt“. So beschrieb zumindest unsere Führerin die Schachanlage 12 des Zeche Zollvereins zwischen Essen und Gelsenkirchen. Der Betrieb der Zeche, die mittlerweile als UNESCO Weltkulturerbe als Architektur- und Industriedenkmal gelistet wird, wurde erst 1986 eingestellt. Millionen von Besuchern bestaunen seit dem jährlich dieses größte Industriedenkmal Europas. In einer Führung wurden wir in die Geschichte der deutschen Industrialisierung eingeführt, mit der sich das Ruhrgebiet noch heute identifiziert.



Nach vierjähriger Bauzeit übernahm die Schachanlage 12 1932 die zentrale Förderung aller bestehenden Anlagen. Die Zeche war ein Prestigeprojekt und bis ins kleinste Detail auf Effizienz und Arbeitskratteinsparung ausgelegt. Neben der ausgeklügelten Logistik über Tage mit unzähligen Förderbändern und Gleisen war vor allem die Fördertechnik revolutionär. Weltberühmt wurde das Doppelbock-Fördergerüst. Es betreibt zwei unabhängige Förderaufzüge, die mit jeweils zwei gegenläufigen Förderkörben zusammen bis zu 12.000 Tonnen pro Tag zu Tage fördern konnten. Möglich war dies nur, da der Förderschacht nicht für den Personenverkehr verwendet werden musste. Die Kumpel erreichten die Grabung über die alten Schächte. Mit 18 m/s war der Förderaufzug um ein Vielfaches schneller als die alten Anlagen, die Druckänderung bei der Fahrt jedoch lebensgefährlich für Menschen.



Neben der tollen Architektur der gesamten Anlage wird besonders darauf Wert gelegt, den Besuchern die harten Arbeitsbedingungen der damaligen Zeit vorzuführen. Mit Bild und Ton werden Interessierte in die schwarze Welt der Kohleförderung eingeführt und es wird einem bewusst wie glücklich wir über die Standards des heutigen Arbeitsschutzes sein können.

# Geodätische Exkursion 2015

---

## Tag 1: ESOC ist leider ausgefallen (Darmstadt 16.03.2015)

Im Rahmen der großen geodätischen Exkursion der Universität Stuttgart war die ESOC (European Space Centre) in Darmstadt als erstes Ziel gedacht. ESOC ist das Satellitenkontrollzentrum der ESA (European Space Agency). Dessen Aufgaben sind die Planung von Satellitenmissionen und die Steuerung der Satelliten im Welt- raum, wofür ein Netz von Bodenstationen und Kommunikationsverbindungen verwendet wird. Wir hatten zwar eine Zusage von ESOC bekommen, leider wurde uns der Besuch zwei Wochen vor dem geplanten Termin aufgrund erhöhter Sicherheitsbestimmungen abgelehnt. Es wurde versucht eine Alternative für den ersten Exkursionstag zu finden. Fast hätte noch ein Besuch des Wasser- und Schifffahrtsamts in Bingen stattgefunden. Leider fiel hier aber fünf Tage vor dem Besuch das Vermessungsschiff aus und war nicht mehr für einen Besuch verfügbar. Aus diesem Grund wurde die Abfahrt am ersten Tag von 7 Uhr auf 13 Uhr verschoben. Am ersten Tag haben wir Darmstadt gegen 16 Uhr erreicht und anschließend einen Stadtrundgang gemacht. Dabei wurden die Mathildenhöhe (Abbildung 1), das Residenzschloss (Abbildung 2) und das Hundertwasserhaus (Waldspirale) besucht. Danach kehrten wir zur Jugendherberge in Darmstadt zurück.



Abbildung 1: Mathildenhöhe Darmstadt



Abbildung 2: Residenzschloss Darmstadt

## Tag 2: Riederwald Tunnel (Frankfurt am Main 17.03.2015)

Am Dienstag erhielten wir eine Einführung in das Projekt und eine Führung über die Baustelle Riederwaldtunnel in Frankfurt. Bauherr ist das Land Hessen, Hessen Mobil – Straßen- und Verkehrsmanagement. Der Riederwaldtunnel ist neben dem künftigen Erlenbruch Dreieck und der neuen Anschlussstelle Borsigallee ein zentraler Bestandteil des Lückenschlusses zwischen der A 66 und der Ostumgehung Frankfurt A 661, zwei Autobahnen die derzeit in Frankfurt „enden“. Die geplante Erweiterung des Autobahnnetzes wird die städtischen Straßen im Osten Frankfurts in erheblichem Umfang von Lärm und Abgasen entlasten.

Herr BD Semmler gab uns in seiner Präsentation eine Einführung in das Projekt. Die beiden Mitarbeiter Herr Klemm und Herr Palm erläuterten uns ihre Aufgaben in der Ingenieurvermessung, führten uns über die Baustelle und gaben uns einen Überblick über den aktuellen Stand.



**Abbildung 3: Übersichtplan  
des Erlenbruch-Dreiecks  
(Quelle: Hessen mobil)**



**Abbildung 4: Gruppenbild  
vor dem Eingang  
des Infozentrums**

### **Tag 3: Deutsch Deutsche Geschichte (Point Alpha Museum 18.03.2015)**

Am Mittwoch fuhren wir nach Geisa zur Gedenkstätte „Point Alpha“. Die Gedenkstätte mit dem erst renovierten „Haus auf der Grenze“ beinhaltet eine Dauerausstellung mit original erhaltenen Grenzanlagen und Rekonstruktionen der Grenze. Mit der Führung erhielten wir einen besonderen Einblick über die Geschichte und Ereignisse seit dem zweiten Weltkrieg bis heute und über die besondere politische und geographische Bedeutung des „Fulda Gap“.



**Abbildung 5: Point Alpha-Ehemalige Grenze**



**Abbildung 6: Point Alpha- US-Militär-Überwachungsturm**

#### **Tag 4: Vermessung im Bergbau und vieles mehr (Erlebnisbergwerk Merkers 19.03.2015)**

Nicht weniger interessant war am Donnerstag der Besuch des Erlebnisbergwerks Merkers. Geschichtlich hängen „Point Alpha“ und Merkers zusammen, da bei Kriegsende die gesamten Gold- und Devisenbestände der Reichsbank und viele Kunstschätze im Salzbergwerk gelagert wurden.

Mit einer bergmännischen Begrüßung „Glück auf“ und einer Filmvorführung über das Bergwerk fuhren wir, ausgestattet mit Helm und Jacke, mit dem Grubenaufzug in 500 m Tiefe.

Auf unserer Tour mit speziellen Lkws bekamen wir einen Überblick über die Technik des Bergbaus von damals bis jetzt. Die einzelnen Stationen der über 20 km langen Strecke waren die Lagerstätte der Gold- und Devisenbestände, die Halle mit den technischen Geräten und Fahrzeugen im Bergbau, eine Salzlagerhalle, die heute als Konzertsaal dient bis hin zur Kristallgrotte in 800 m Tiefe bei einer angenehmen Temperatur von 28 Grad.



**Abbildung 7: Vermessungsinstrumente im Bergbau**



**Abbildung 8: Verschiedene Salze – die unterschiedlichen Farben entstehen durch den metallischen Einschluss**



**Abbildung 9: Lagerstätte der Gold- und Devisenbestände**



**Abbildung 10: Gruppenbild vor dem Eingang**

Der Markscheider, Herr Dipl.-Ing. Claus Fischer von der K+S Gruppe, zeigte uns in seiner anschließenden Präsentation die allgemeinen vermessungstechnischen Aufgaben, die Arbeit mit dem Laserscanner und die daraus entstehenden Lagepläne. In einer Simulation demonstrierte er uns die Ausmaße des Stollensystems, das im

Größenverhältnis in den Großraum München mit seiner Ost- und Westumgehung passt und auf den Raum Stuttgart bezogen, Leonberg, Ludwigsburg, Esslingen und Leinfelden-Echterdingen einschließen würde.

### **Tag 5: Das Beste kommt am Ende (Geodätisches Observatorium Wettzell 20.03.2015)**

Am Freitag erreichten wir gegen 9 Uhr per Bus das Gelände des Geodätischen Observatoriums von Wettzell. Herr Dr. Thomas Klügel empfing uns mit einem Einführungsvortrag über die wichtigsten Messsysteme auf dem Gelände. Anschließend bot sich die Gelegenheit, die partielle Sonnenfinsternis in Wettzell zu erleben. Die Mitarbeiter in Wettzell hatten schon alles vorbereitet und wir durften mitmachen (vgl. Abbildung 11).

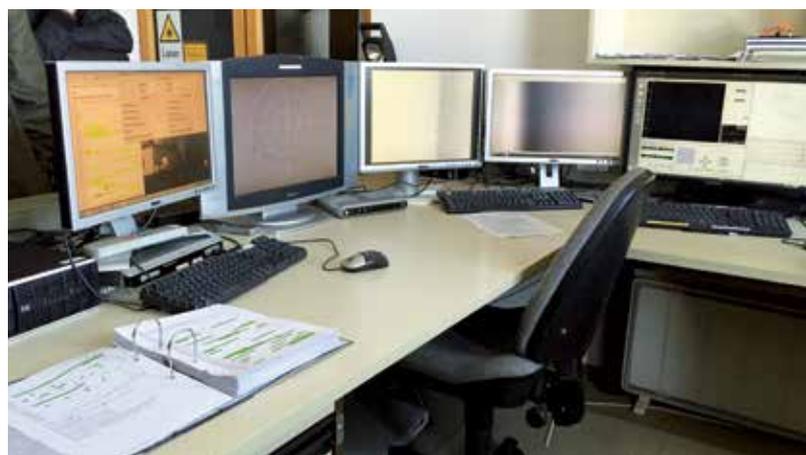


**Abbildung 11: Sonnenfinsternis in Wettzell**

Danach wurde die Messstation für Laser Ranging (Laserentfernungsmesser) besichtigt. Zuerst waren wir im Steuerungsraum (Abbildung 12), wo uns erklärt wurde, was man vor und während der Messungen beachten muss (Flugzeuge vorbei fliegen lassen, die Erfassung von Korrekturdaten, atmosphärische Effekte, etc.). Mittels des Laserentfernungsmessers wird die Entfernung zu, an speziellen Satelliten oder am Mond, vorhandenen Reflektoren gemessen. Die Messgenauigkeit beträgt trotz der weiten Entfernung und der schwierigen Randbedingungen ca. 1 cm. Diese Messungen dienen hauptsächlich der Bestimmung der Erdrotationsparameter, der Stationskoordinaten und der Satellitenbahnen.

Anschließend wurde das Radioteleskop (Abbildung 13) besichtigt, welches die Messstation für die Radiointerferometrie (VLBI = Very Long Baseline Interferometry) darstellt. Insgesamt gibt es drei solche Stationen im Gelände, wovon eine Alte (Abbildung 13) mit größerer Antenne (Durchmesser von 20 m) und zwei Neue mit kleinerer Antenne aber schnellerer Drehgeschwindigkeit in Azimut und Elevation vorhanden sind. Alle drei dienen dem Empfang von elektromagnetischer Strahlung von äußerst weit entfernten Objekten im Weltraum (Quasare). Anhand solcher Messungen können Erdrotationsparameter, Stationskoordinaten und Quasarpositionen hochgenau bestimmt werden.

**Abbildung 12: Steuerungsraum der Laserentfernungsmesser**



Danach haben wir den Steuerungsraum des Großringlasers „G“ besucht. Dieses Messsystem wird zur Erfassung von Erdrotationsschwankungen eingesetzt und ist der genaueste Rotationssensor der Welt. Dabei wurden das Messprinzip und die Funktionsweise kurz erläutert. Abschließend wurde noch das supraleitende Gravimeter (Abbildung 14) besichtigt. Das Gerät dient der Durchführung von Absolutschweremessungen.



**Abbildung 13:**  
**Radioteleskop für VLBI in Wettzell**



**Abbildung 14: das Supraleitende Gravimeter**

Der Besuch in Wettzell war das bestmögliche Ende einer erfolgreichen Exkursion. Wir sind gegen 16 Uhr zurück nach Stuttgart gefahren und haben das Ziel um 21 Uhr erreicht.

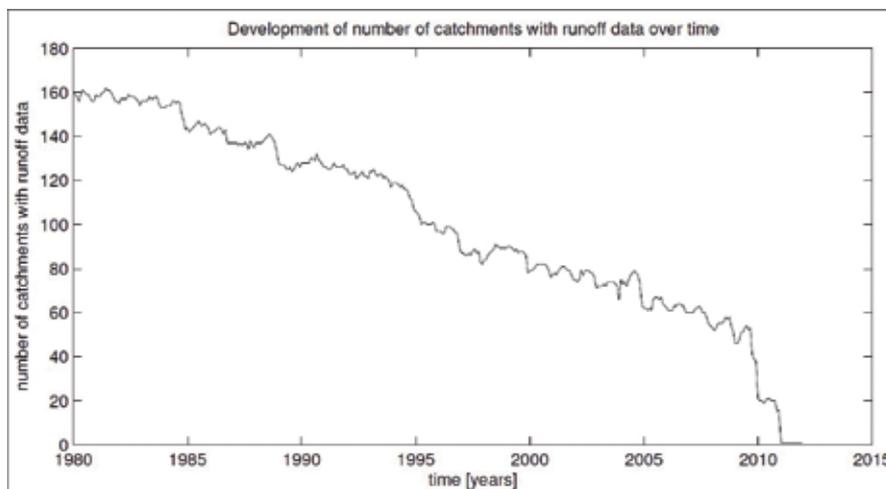
Die Exkursion hat uns vielseitige und neue Eindrücke von den Arbeitsfeldern der Geodäsie vermittelt und zukünftige Arbeitsmöglichkeiten aufgezeigt. Auch hat sie den Zusammenhalt unter den Studierenden gestärkt und stellte eine schöne Abwechslung vom Studienalltag dar. Wir, die Teilnehmer der Exkursion, möchten uns hiermit herzlich für Ihre finanzielle Unterstützung, nicht nur für die „Große geodätische Exkursion“, bedanken.

Mit freundlichen Grüßen  
Die Teilnehmer der Exkursion 2015

# Prädiktion von Oberflächenabflussmengen nach der Methode der kleinsten Quadrate

Bachelorarbeit von Robin Thor

Bei der Modellierung des Wasserkreislaufs ist der Oberflächenabfluss eines Einzugsgebiets eine wichtige Größe, die von hydrologischen Modellen bestimmt wird und viele hydrologische Wechselwirkungen beeinflusst, indem sie für Validierung und Kalibrierung genutzt wird. Daher stellt die abnehmende Verfügbarkeit von terrestrischen Oberflächenabflussmessungen, die in den letzten Jahren beobachtet werden konnte, eine Herausforderung dar.

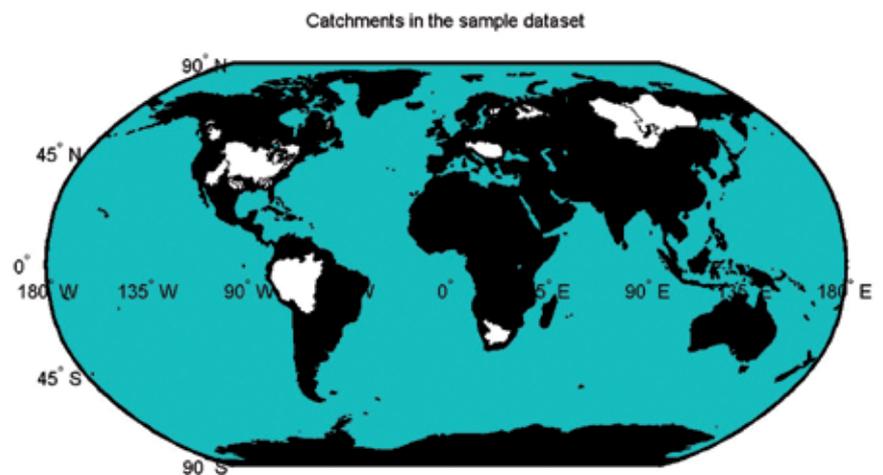


**Abbildung 1:**  
**Anzahl der**  
**Einzugsgebiete**  
**mit terrestrisch**  
**gemessenen**  
**Oberflächenab-**  
**flussmengen.**

Fernerkundungsanwendungen wie zum Beispiel Mikrowellenradiometrie, Synthetic Aperture Radar, Radarinterferometrie, Radaraltimetrie und Orthophotographie, dienen vielfach als Ersatz für terrestrische Messungen. Jedoch stoßen alle diese Techniken schnell an ihre Grenzen, vor allem bei kleineren Flussläufen ohne größere offene Wasserflächen oder einer Breite von mehr als 200 Metern. Ein zusätzliches Problem ist, dass die meisten Fernerkundungsmethoden allein die Höhe des Wasserstandes messen und die Abflussmengen nur aus dieser ableiten, so dass Änderungen in der Gestalt des Flussbetts unterhalb der Wasseroberfläche das Messergebnis verzerren, es sei denn zusätzliche Beobachtungen von terrestrischen Messkampagnen lägen vor.

Diese Arbeit schätzt Oberflächenabflussmengen mithilfe der Prädiktion nach der Methode der kleinsten Quadrate. Sie benutzt die räumlichen Korrelationen zwischen terrestrisch bestimmten Oberflächenabflussmengen, die in einem Testzeitraum bestimmt wurden, um Werte für eine Validierungsphase, in der die Messungen für eines der Einzugsgebiete als unbekannt angenommen werden, zu präzisieren. Vielversprechende Ergebnisse werden erzielt, wenn Einzugsgebiete existieren, die ein sehr ähnliches Verhalten gegenüber zu präzisierenden Einzugsgebieten aufweisen. Hohe Ähnlichkeit, ausgedrückt als Korrelation, geht häufig mit räumlicher Nähe einher. Die Prädiktion von Oberflächenabflussmengen nach der Methode der kleinsten Quadrate kann möglicherweise einen partiellen Ersatz für kostspielige Satellitenmissionen oder die Einrichtung zusätzlicher Pegel darstellen und außerdem Zeit bei Entwicklung und Bau einsparen.

Ein Beispieldatensatz wurde für diese Studie ausgewählt, der aus terrestrischen Messungen stammt, die in Einzugsgebieten in der ganzen Welt erhoben wurden. Die ursprünglich verfügbaren Daten umfassen die 255 größten Einzugsgebiete der Welt nach Gebiet, einschließlich der abflusslosen. Ein Messpegel je Einzugsgebiet wurde aus den beim Global Runoff Data Centre (GRDC) verfügbaren ausgewählt. Die zeitliche Auflösung beträgt einen Monat. Von diesen 255 Einzugsgebieten verfügen jedoch nur 25 über eine durchgehende Zeitreihe von Oberflächenabflussmengen von Januar 1980 bis Dezember 2008. Um jederzeit Validierungen durchführen zu können, werden im weiteren ausschließlich diese durchgehenden Zeitreihen verwendet.



**Abbildung 2:**  
Karte der Einzugsgebiete mit durchgehenden Zeitreihen von Messdaten, die in dieser Arbeit verwendet wurden.

Die Prädiktionsgleichung nach der Methode der kleinsten Quadrate lautet nach Moritz (1970):

$$\hat{s} = C_{s|} C_{||}^{-1} I$$

wobei  $s$  und  $I$  Zeitreihen von Oberflächenabflussmengen darstellen.  $I$  ist eine Matrix von Beobachtungen, also bekannter Oberflächenabflussmengen aus denjenigen Einzugsgebieten, die für die Prädiktion herangezogen werden.  $s$  ist eine Zeitreihe von Oberflächenabflussmengen des Einzugsgebiets, das prädiziert wird. Verbunden werden diese beiden Größen durch die Kreuzkovarianzmatrix zwischen den beiden Signalen  $C_{s|}$  und die Kovarianzmatrix der Beobachtungen  $C_{||}$ . Die Bestimmung der Kreuzkovarianzmatrix ist entscheidend für den Ausgang der Prädiktion und nicht direkt möglich, da das Signal  $s$  unbekannt ist.

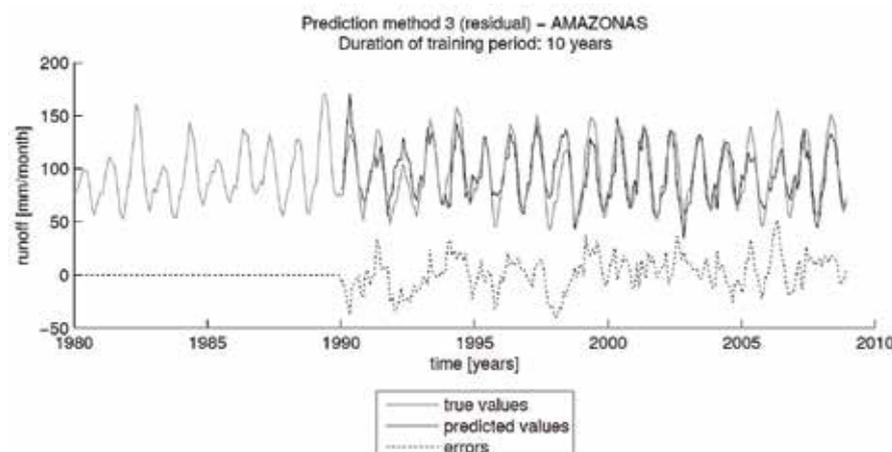
Zur Evaluierung der Prädiktionen werden verschiedene Parameter berechnet. Da auch das als unbekannt angenommene Signal  $s$  aufgrund des gegebenen Datensatzes bekannt ist, kann das Prädiktionsergebnis mit diesem verglichen werden. Der Modellfehler ist die Differenz aus diesen beiden Größen für jeden Zeitpunkt  $t$ . Der Mittelwert des Modellfehlers liefert Aufschlüsse über die Zuverlässigkeit der Prädiktion. Das quadratische Mittel des Modellfehlers liefert eine erste Qualitätseinschätzung, ist aber noch abhängig von den Absolutwerten der Oberflächenabflussmenge im jeweiligen Einzugsgebiet.

Daher wird zusätzlich auch der in der Hydrologie gängige Modelleffizienzkoeffizient nach Nash-Sutcliffe berechnet:

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{t=1}^T (s_t - \hat{s}_t)^2}{\sum_{t=1}^T (s_t - \bar{s})^2}$$

mit  $s_t$  dem Wert des Signals  $s$  zum Zeitpunkt  $t$ ,  $\hat{s}_t$  dem Wert des prädizierten Signals  $\hat{s}$  zum Zeitpunkt  $t$ , und  $\bar{s}$  dem Mittelwert von  $s$ . Der Nash-Sutcliffe-Koeffizient wird 1, wenn die Prädiktion das ursprüngliche Signal perfekt rekonstruiert und 0, wenn die Prädiktion gerade genau so gut ist wie der Mittelwert des ursprünglichen Signals. Negative Werte zeigen eine schlechte Qualität des Prädiktionsmodells an.

Um die Kovarianzmatrizen zu berechnen, die für die Prädiktion benötigt werden, wurden vier verschiedene Methoden verwendet. Die Prädiktion auf Signalebene verwendet Kovarianzmatrizen, die noch nicht für den Mittelwert korrigiert wurden, das heißt die Oberflächenabflussmengen sind noch nicht normalisiert. Die zweite Methode verwendet für jeden Monat des Jahres separate Kovarianzmatrizen. Hierbei gehen jedoch so viele Informationen über die zwischenmonatlichen Zusammenhänge verloren, dass die Qualität nicht mit der der anderen Methoden vergleichbar ist. Die dritte Methode verwendet für die Erstellung der Kovarianzmatrizen Zeitreihen von Oberflächenabflussmengen, die durch den Abzug des Monatsmittels normalisiert wurden. Die vierte Methode normalisiert die Zeitreihen durch den Abzug des langzeitigen Mittels.



**Abbildung 3:**  
**Prädiktionsergebnisse des**  
**Oberflächenabflusses des**  
**Amazonas-Einzugsgebiets.**

Zunächst werden alle Methoden an der unrealistischen Annahme erprobt, so dass Kovarianzmatrizen aus den gesamten Zeitreihen generiert werden können. In der Praxis ist dies nicht möglich, da dafür die gesamten Zeitreihen bekannt sein müssten. Was jedoch möglich ist, ist die Erstellung von Kovarianzmatrizen aus einem Testzeitraum, die im Folgenden für die Prädiktion in einem Validierungszeitraum verwendet werden. Das heißt, dass der Testzeitraum der Zeitraum ist, in dem für das zu prädizierende Einzugsgebiet noch Daten vorhanden sind. Der Validierungszeitraum ist der Zeitraum, in dem für das zu prädizierende Einzugsgebiet keine Daten vorliegen. In beiden Fällen können für alle Methoden Ergebnisse erzielt werden, die zeigen, dass Prädiktion grundsätzlich möglich ist. Die Methoden sollen nun unter verschiedenen Konfigurationen quantifiziert werden. Dabei werden nur die dritte und die vierte Methode verwendet, da die erste Methode nur eine verzerrte Variante der beiden anderen Methoden ohne weitere Vorteile ist.

Bei der Erstellung einer Kovarianzmatrix aus Daten eines Testzeitraums ist die Länge dieses Zeitraums entscheidend für die Qualität der Prädiktion. Generell verbessert sich die Qualität bei einem längeren Testzeitraum.

Für einige der Einzugsgebiete aus dem verwendeten Datensatz sind brauchbare Prädiktionen schon nach einem Testzeitraum von drei Jahren möglich. Im Allgemeinen verbessert sich die Qualität der Prädiktion nicht mehr we-

sentlich, wenn der Testzeitraum auf mehr als 10 Jahre ausgedehnt wird. Ungefähr 80 % der Einzugsgebiete erreichen ein Niveau des Nash-Sutcliffe-Koeffizienten von über 0,4 und ungefähr die Hälfte übertreffen die 0,8.

Als nächstes wurde der Einfluss der Wahl der im Prädiktionsvorgang als Beobachtungen verwendeten Einzugsgebiete analysiert. Für eine systematische Analyse wurden für jedes Einzugsgebiet im Datensatz die Korrelationen zu allen anderen Einzugsgebieten berechnet, um dann für das zu prädizierende Einzugsgebiet hoch oder niedrig korrelierte Einzugsgebiete als Beobachtungen verwenden zu können. Fünf Fälle werden analysiert:

1. Alle anderen Einzugsgebiete werden als Beobachtungen verwendet
2. Die drei höchstkorrelierten Einzugsgebiete werden als Beobachtungen verwendet
3. Nur das höchstkorrelierte Einzugsgebiet wird als Beobachtungen verwendet
4. 10 Einzugsgebiete mit mittelhoher Korrelation werden als Beobachtungen verwendet
5. Die drei am niedrigsten korrelierten Einzugsgebiete werden als Beobachtungen verwendet

Der zweite Fall liefert ein überraschendes Ergebnis: Obwohl deutlich weniger Beobachtungen verwendet werden, liefert er bessere Ergebnisse als Fall 1, zumindest bei kurzen Testzeiträumen. Für einige Einzugsgebiete liefert auch Fall 3 gute Ergebnisse. Dies hängt allerdings von der Verfügbarkeit von geeigneten Einzugsgebieten zur Verwendung als Beobachtung ab. Der vierte und fünfte Fall liefern in den allermeisten Fällen schlechtere Ergebnisse.

Für diese Arbeit wurden die Korrelationen unter Ausnutzung der gesamten Zeitreihen berechnet. Wenn jedoch in der Praxis unvollständige Zeitreihen als Beobachtungen verwendet werden sollen, können die Korrelationen nur aus den Teilen der Zeitreihe, für die Daten aus beiden Einzugsgebieten vorliegen, berechnet werden. Unter der realistischen Annahme eines sehr kurzen Testzeitraums von beispielsweise zwei Jahren, für den bereits brauchbare Prädiktionsergebnisse erzielt werden können, ist eine zuverlässige Schätzung der Korrelationseigenschaften nicht mit Sicherheit möglich.

Die Wahl der Einzugsgebiete, die als Beobachtungen verwendet werden und die Länge des Testzeitraums sind immer von Bedeutung, wenn Oberflächenabflussmengen prädiziert werden sollen. Konträr zur anfänglichen Annahme ist es normalerweise von Nutzen eine Auswahl aus wenigen Einzugsgebieten als Beobachtung zu treffen. Die Verwendung aller verfügbaren Einzugsgebiete ist keine gute Option. Die exakte optimale Anzahl von Beobachtungen variiert je nach zu prädizierendem Einzugsgebiet. Wenn verfügbar, sollten nur Einzugsgebiete mit einer hohen Korrelation als Beobachtungen verwendet werden.

Die Länge des Testzeitraums ist nicht so bedeutend wie die Wahl der Beobachtungen, kann jedoch auch einen Unterschied machen. Den Testzeitraum über eine Länge von 10 Jahren hinaus zu verlängern, bringt normalerweise keine großen Fortschritte mehr mit sich, aber unterhalb dieses Wertes ist die Wahl der Prädiktionsmethode und der Beobachtungen zunehmend wichtig. In der Praxis wird die Länge des Testzeitraums wohl von der Datenverfügbarkeit diktiert, so dass es eine gute Vorgehensweise ist den Testzeitraum so lang wie möglich zu wählen.

Die Qualität der Ergebnisse, die mit der Prädiktion nach der Methode der kleinsten Quadrate erzielt wurden, ist mit denen anderer Methoden vergleichbar. Unter Nutzung eines langen Testzeitraums von 20 Jahren und einer kleinen Auswahl hochkorrelierter Einzugsgebiete als Beobachtungen übertreffen 90 % der Einzugsgebiete einen Nash-Sutcliffe-Koeffizienten von 0,4 und ungefähr die Hälfte einen Nash-Sutcliffe-Koeffizienten von 0,75. Größere Einzugsgebiete sind im Allgemeinen schwerer zu prädizieren. Ein wahrscheinlicher Grund dafür ist, dass diese

sich im verwendeten Beispieldatensatz häufig in geographisch recht isolierter Lage befinden, aber dies ist nicht immer der Fall. Es kann angenommen werden, dass das große Gebiet dieser Einzugsgebiete einer Anzahl verschiedener Wetterlagen unterliegt, so dass einige Nachbareinzugsgebiete nicht genügen, um Informationen für eine hochqualitative Prädiktion bereitzustellen, die Korrelationsinformationen für das gesamte große Einzugsgebiet benötigte. Die Stärken der Prädiktion nach der Methode der kleinsten Quadrate kommen eher bei kleinen Einzugsgebieten zum Vorschein, was ohnehin wichtiger ist, da für diese weniger Daten verfügbar sind und sie schwerer durch Fernerkundungsmethoden erfasst werden können. Ein Vergleich mit solchen hat ergeben, dass die Prädiktion in der Tat qualitativ auf einem Niveau ist, vor allem bei kleineren Einzugsgebieten sogar eher besser.

Wenn Fernerkundungsmessungen und Prädiktion als Methoden zur Schätzung von Oberflächenabflussdaten verglichen werden, muss jedoch immer im Auge behalten werden, dass die Prädiktion in einigen Hinsichten eingeschränkt ist. Einzugsgebiete, deren Oberflächenabflussmengen noch nie gemessen wurden, können nicht prädiziert werden, da auch keine Korrelationsinformationen gewonnen werden können. Ereignisse, die nur den Oberflächenabfluss eines Einzugsgebiets beeinflussen, wie zum Beispiel die meisten anthropogenen Einflüsse und einige natürliche Ereignisse, werden die Prädiktionsergebnisse immer verschlechtern, weil die als Beobachtungen verwendeten Einzugsgebiete nicht von ihnen betroffen wurden.

## Adressliste des Vorstandes

---

<b>Name</b>	<b>1. Dienststelle/Firma</b>	<b>2. Privatanschrift</b>	<b>Funktion</b>
Prof. Dr. Gerrit Austen	Hochschule für Technik Stuttgart Schellingstr. 24 70174 Stuttgart Tel.: 07151/1652859 E-Mail: gerrit.austen@hft-stuttgart.de	Weinstr. 18/1 71394 Kernen Tel.: 0711/89262348	Vorsitzender
Dipl.-Ing. Sabine Feirabend	RIB IT AG Vaihinger Str. 151 70567 Stuttgart	Beethovenweg 4 73630 Remshalden Tel.: 07151/1696257 E-Mail: sabine.feirabend@gmx.de	Stellvertretende Vorsitzende
Dipl.-Ing. Volker Hell	Vermessungsbüro Hell Hirschgasse 5 74613 Öhringen Tel.: 07941/647947 E-Mail: v.hell@hell-vermessung.de	Panoramaweg 45 71696 Möglingen Tel.: 07141/4883595	Schatzmeister
Dipl.-Ing. Andrea Heidenreich	Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg Kernerplatz 10 70182 Stuttgart Tel.: 0711/1262319 E-Mail: andrea.heidenreich@mlr.bwl.de	Hecklestr. 4 71634 Ludwigsburg Tel.: 07141/7968225	Schriftführerin
Dipl.-Ing. Jürgen Eisenmann	Landratsamt Ostalbkreis Geoinformation und Landentwicklung Obere Straße 13 73479 Ellwangen Telefon: 07961/5673268 E-Mail: juergen.eisenmann@ostalbkreis.de	Im Schönblick 9 74542 Braunsbach Tel.: 07906/8761	Beisitzer
Dipl.-Ing. Karlheinz Jäger	Stadtmessungsamt Stuttgart Kronenstr. 20 70173 Stuttgart Tel.: 0711/21659597 E-Mail: karlheinz.jaeger@stuttgart.de	Goldschmiedstr. 16 74232 Abstatt Tel.: 07062/62236	Beisitzer

Dipl.-Ing. Stefanie Schmid	Landratsamt Neckar-Odenwald-Kreis Flurneueordnung und Landentwicklung Präsident-Wittmann-Str. 16 74722 Buchen Tel.: 06281/98280	Am Hardberg 45 74821 Mosbach E-Mail: SteffiSchmid.ES@web.de	Beisitzerin
Dipl.-Ing. Matthias Wengert	Landratsamt Rhein-Neckar-Kreis Amt für Flurneueordnung Muthstraße 4 74889 Sinsheim Tel.: 07261/94665431 E-Mail: matthias.wengert@rhein-neckar-kreis.de	Müllheimer Talstr. 4 69469 Weinheim Tel.: 06201/6901921 E-Mail: mwengert@web.de	Beisitzer

## Adressliste der Rechnungsprüfer und des Geschäftsführers

---

Name	1. Dienststelle/Firma	2. Privatanschrift	Funktion
Dipl.-Ing. Kurt Kohler	Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg Büchsenstr. 54 70174 Stuttgart Tel.: 0711/95980288 E-Mail: kurt.kohler@lgl.bwl.de	August-Müller-Str. 16 71691 Freiberg Tel.: 07141/76467	Rechnungsprüfer
Dipl.-Ing. Gerhard Waldbauer		Richard-Wagner-Str. 21 71686 Remseck Tel.: 07146/891110 E-Mail: gerhard.waldbauer@gmx.de	Rechnungsprüfer
Prof. Dr. sc. techn. Wolfgang Keller	Universität Stuttgart, Geodätisches Institut Geschwister-Scholl-Str. 24D 70174 Stuttgart Tel.: 0711/68583459 E-Mail: wolfgang.keller@gis.uni-stuttgart.de	Sperberweg 5 71364 Winnenden Tel.: 07195/942157	Geschäftsführer





**Herausgeber:**

Verein „Freunde des Studiengangs Geodäsie und Geoinformatik der Universität Stuttgart e. V. (F2GeoS)“  
p. A. Prof. Dr. Gerrit Austen, c/o Hochschule für Technik Stuttgart, Schellingstraße 24, 70174 Stuttgart

**Bankverbindung:**

Landesbank Baden-Württemberg Stuttgart, IBAN: DE87600501010002088549, BIC: SOLADEST600