

# Universität Stuttgart

## INTEGRIERTES PRAKTIKUM 2015

### ABSCHLUSSBERICHT

Three-dimensional reference frame and Real Time Kinematic GNSS.....	1
Levelling.....	3
Creation of a 3D network by total station.....	6
Profile measurements by RTK, tachymetry and gravimetry .....	7
Kinematic Road survey .....	9
Land use classification with the help of remote sensing .....	12
Precise local network / Densification RTK & Tachy.....	14
Terrestrial Photogrammetry.....	1
Surface acquisition using Terrestrial Laserscanning.....	7
3D object reconstruction using UAS-photogrammetry.....	0

### Three-dimensional reference frame and Real Time Kinematic GNSS

#### 1. Einleitung

Das WP2 ist verantwortlich für die Transformationsparameter zwischen dem globalen WGS84 Koordinatensystem und dem lokalen Gauß-Krüger-System. Diese Daten werden benötigt, um die lokalen bzw. relativen Messungen der andern Gruppen in ein einheitliches System zu transformieren. Dafür müssen die GNSS-Punkte ausgesucht, ein Sessionplan erstellt und anschließend die Messungen ausgewertet werden.

#### 2. Kurze Erklärung

Bevor der Sessionplan aufgestellt werden kann, ist es nötig die Punkte zu erkunden. Neben einer Wegbeschreibung werden, falls erforderlich, für jeden Punkt noch Abschattungsdiagramme mit Kompass und Inklinometer erfasst.

Mit deren Hilfe und einem aktuellen Satelliten-Almanach werden günstige Beobachtungszeiten für die Punkte gewählt und damit der Sessionplan, mit einer Stunde Beobachtungsdauer, erstellt. Der Referenzpunkt 217, der sowohl im lokalen als auch globalen System bekannt ist, soll in jeder Session einmal beobachtet werden, während die anderen Punkte im Wechsel mindestens viermal gleichzeitig gemessen werden. Im Praktikum wird mit differentiellen GPS Beobachtungen ein relatives Netz vermessen, wobei fehlerhafte Messungen eliminiert werden.

Es wird eine 7-Parameter-Transformation angenommen:

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \lambda \cdot [R_3(\gamma) \cdot R_2(\beta) \cdot R_1(\alpha)] \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} T_x \\ T_y \\ T_z \end{pmatrix}$$

Für die anderen Gruppen werden die Transformationsparameter und Koordinaten aufbereitet und bereitgestellt. Da die Koordinaten bereits in der ersten Woche benötigt werden, gibt es einen ersten Satz im Feld und eine gemeinsame Ausgleichung im Post-Processing.

#### 3. Zusammenfassung

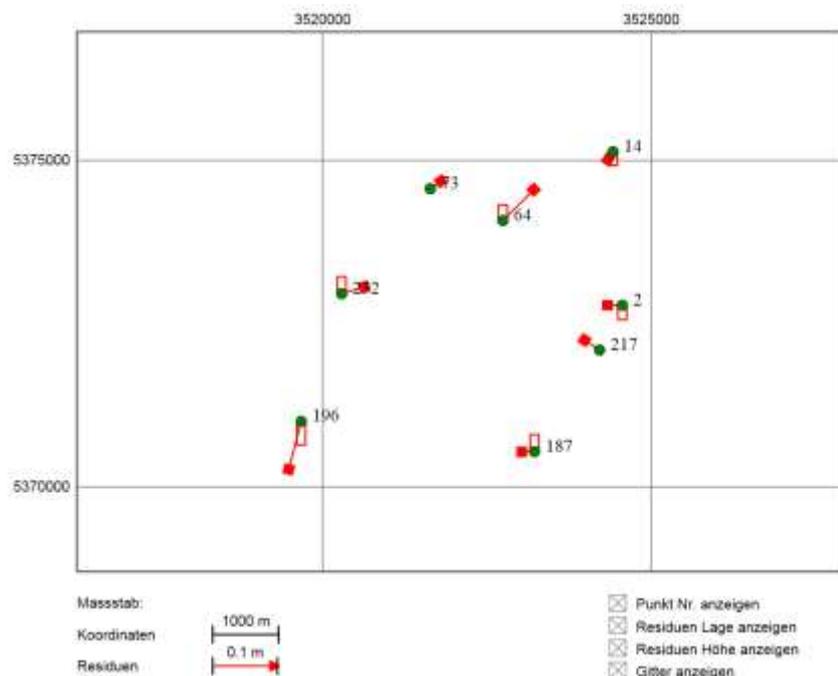


Abbildung 1: Punktübersicht

Abbildung 2: Residuen der Koordinaten

Die Parameter gelten nur für dieses kleine Gebiet, bei einer größeren Ausdehnung passen sie nicht mehr.

In der Tabelle 1 sind die berechneten Gauß-Krüger-Koordinaten und die Differenz zu den Lagerresiduen gegeben, der Punkt 217 hat nach der Transformation keine Residuen, da er als Fixpunkt angesetzt wird, die anderen weisen Restklaffungen im Bereich von maximal 2 cm auf.

Punkt	Rechtswert	Hochwert	Residuen der Lage
Q1	3521989.408 m	5372242.287 m	0.014 m
Q2	3521726.557 m	5372277.703 m	0.008 m
Q3	3521844.181 m	5372331.086 m	0.012 m
P2	3524561.200 m	5372781.509 m	0.005 m
P14	3524419.237 m	5375132.324 m	0.006 m
P64	3522744.152 m	5374078.613 m	0.017 m
P73	3521639.690 m	5374565.736 m	0.014 m
P187	3523226.516 m	5370541.108 m	0.006 m
P196	3519676.330 m	5371002.259 m	0.009 m
P232	3520291.259 m	5372959.351 m	0.010 m
217	3524214.992 m	5372096.038 m	0.000 m

Tabelle 1: Ergebnisse der Koordinaten mit Residuen aus beiden Wochen

Es ist zu erkennen, dass die Residuen sehr klein sind und damit das Netz sehr genau. Die größten Fehler ergeben sich bei den Punkten 196 und 64, die zum Messzeitpunkt zum Einen keinen guten GDOP aufweisen konnten und zum Anderen durch die Hangneigung beeinträchtigt waren.

#### 4. Verweise

1. H. Drewes: How to fix the Geodetic Datum for Reference Frames in Geosciences Geodesy for planet Earth, In: Buenos Aires, Argentina, C. Steve, Kenyon, C. Maria and J. Urs Marti (Hrsg): proceedings of the 2009 IAG Symposium, 31 August - 4 September 2009
2. Instrument pictures and manual: Leica\_Viva\_GNSS\_GettingStartedGuide\_v5-5-0\_en.pdf, Leica\_CS10\_CS15\_GSSensors\_UserManual\_V6.0.0\_en.pdf

## Levelling

### 1. Einleitung

Beim Integrierten Praktikum, war es Aufgabe des Work Package 3, Höhenbestimmungen außerhalb und innerhalb des Steinbruchs vorzunehmen.

Der Umfang der Aufgaben wurde bereits in der Kurzbeschreibung des Work Packages erläutert. Hier wird allerdings die Arbeitsweise, die erforderlich war, und die Ergebnisse unserer Arbeit zu erreichen dargestellt werden.

### 2. Kurze Erklärung

Nach gründlicher Begehung des Arbeitsgebietes wurde eine neue, nachdem der eigentliche Festpunkt nicht zugänglich war, zu nivellierende Schleife festgelegt. Somit wurde ein Festpunkt verwendet, der etwas weiter östlich vom eigentlichen Referenzpunkt lag.

Der Verlauf der Schleife wurde den topologischen Eigenschaften des Terrains angepasst und verlief vom Referenzpunkt aus nach Westen zum nördlichen Rand des Steinbruchs (Punkt B). Von diesem Punkt aus wurde zum Punkt A, sowie von Punkt A zu Punkt C, das gleichzeitige trigonometrische Nivellement angewendet.

Am Punkt C angelangt wurde die Schleife dann über eine Wegstrecke südlich des Steinbruchs zurück zum Festpunkt abgeschlossen.

Innerhalb des Steinbruchs wurde zudem die Höhe eines Punktes an der Wand, mittels trigonometrischer Höhenübertragung ermittelt.



Abbildung 1

Geographische Darstellung der Schleife

### 3. Zusammenfassung

#### Geometrisches und trigonometrisches Nivellement

Tabelle 1 beinhaltet die Höhen aller Punkte (siehe Karte), welche mittels trigonometrischen und geometrischen Nivellements bestimmt wurden. Da die Höhe des Festpunktes nicht bekannt war, wurde sie als 0,00m angenommen. Vom Festpunkt bis zum Punkt B, sowie vom Punkt C bis zurück zum Festpunkt, wurden die Höhen der einzelnen Punkte über die Höhendifferenzen der einzelnen Segmente des geometrischen Nivellements ermittelt. Von Punkt A, B und C wurden die Höhen aus den Ergebnissen des trigonometrischen Nivellements berechnet.

Tabelle 1 Punkthöhen mit zugehöriger Standardabweichung

Punktnummer	Höhe [m]	Standardabweichung[mm]
Festpunkt	0,0000	0,00
D	7,6273	0,37
E	12,4608	0,66
M	16,4763	0,67
N	17,821	0,81
B	16,3149	0,81
A	-4,865	0,84
C	-3,4869	0,87
P	-2,4964	0,98
Q	2,0119	0,98
F	12,1839	0,97
D	7,6273	0,37

Tabelle 2 zeigt die Höhenunterschiede der einzelnen Abschnitte, die im geometrischen Nivellement gemessen wurden, sowie deren Standardabweichungen. Zudem sind die Höhenunterschiede des trigonometrischen Nivellements enthalten, deren Standardabweichung durch Ausgleichung bestimmt wurde.

Aus der Standardabweichung wird ersichtlich, dass es sich hierbei um sehr verlässliche Ergebnisse handelt und sie den vorgegebenen Genauigkeiten entsprechen.

Streckenabschnitt	Höhenunterschied [m]	Strecke [m]	Standardabweichung [mm]
Festpunkt → D	7,6271	485,26	0,25
D → E	4,8335	280,12	0,55
E → M	4,0155	146,89	0,10
M → N	1,3447	153,10	0,45
N → B	-1,5061	50,46	0,00
B → A ( trig. Niv.)	-21,1799	≈ 145	0,22
A → C ( trig. Niv.)	1,3781	≈ 185	0,23
C → P	0,9854	62,55	0,10
P → Q	4,5083	96,56	0,05
Q → F	10,1720	299,78	0,10
F → D	-4,5566	283,76	0,90
D → Festpunkt	-7,6274	478,04	0,70
<b>Summe:</b>	<b>-0,0054</b>	<b>≈ 1316,00</b>	

Tabelle 2 Höhenunterschiede der einzelnen Streckenabschnitte und deren Standardabweichung

Somit wurde ein Gesamtabschlussfehler von 5,4mm über eine Distanz von ca. 1316m erreicht. Vorgegeben war ein Fehler von 2mm auf 1km.

### Trigonometrische Höhenübertragung

In Tabelle 3 wird nun die berechnete Höhe des Punktes an der Wand des Steinbruchs dargestellt. Da nur eine Messung durchgeführt wurde, gibt es keine Vergleichsergebnisse.

Tabelle 3 Höhe des Punktes an der Wand

Höhendifferenz zwischen W und C	Höhe von Punkt W	Standardabweichung der Höhe
9,8501m	6,3632m	0,85mm

### Abschließende Zusammenfassung

Zur Ermittlung der Höhendifferenzen und tatsächlichen Höhen wurden vorwiegend die Daten aus Woche 2 benutzt, da diese deutlich bessere Genauigkeiten aufwiesen. Insbesondere beim trigonometrischen Nivellement konnten nur die Daten zweier Gruppen benutzt werden. Somit bestand ein Mangel an ausreichend Daten zum Vergleichen der Ergebnisse.

Abschließend ist zu sagen, dass insgesamt die erreichten Genauigkeiten dennoch in etwa den vorgegebenen Genauigkeiten entsprechen und somit in Ordnung sind.

## Creation of a 3D network by total station

### 1. Einleitung

Das Ziel unseres Workpackages ist, die Erstellung eines 3-dimensionalen Netzes mit Hilfe des Tachymeters. Solch ein Netz wird benötigt, falls in einem Gebiet keine GNSS-Signale empfangen werden können. Durch Bereitstellung der Koordinaten der GNSS-Anschlusspunkte von Workpackage 2 und unter Verwendung der Helmert-Transformation, können diese lokalen Koordinaten in ein globale transferiert werden.

### 2. Kurze Erklärung



Wir bestimmten sieben Tachymeter-Standpunkte, davon drei GNSS-Punkte. Aus diesem Grund werden ein Tachymeter und sechs Reflektoren benötigt. Auf jedem der Punkte wird ein Stativ mit Dreibein zentriert und horizontriert. Durch die Zwangszentrierung kann der Tachymeter-Standort gewechselt werden, ohne dass die Zentrierung und Horizontrierung verloren geht. Nach einer Lernphase, in der alle sichtbaren Punkte einmal in der ersten Lage angemessen werden, kann das Tachymeter mit der automatischen Satzmessung alle Punkte automatisch messen. Von allen Standpunkten aus werden alle sichtbaren Reflektoren in drei Vollsätzen aufgenommen. Gemessen werden Schrägdistanzen, horizontale und vertikale Winkel, die auf der SD-Karte im Tachymeter gespeichert werden. Um das bestmögliche Ergebnis aus allen Messungen zu erzielen, wird eine Ausgleichung in dem Programm Panda durchgeführt und anschließend werden die globalen Koordinaten berechnet.

### 3. Zusammenfassung

Die Messgenauigkeiten für die Distanzen und die Winkel sollten das Limit von 5 mm und 1 mgon nicht überschreiten. Aufgrund von starker Sonneneinstrahlung in der ersten Woche und starkem Wind und Regen in der zweiten Woche, konnten die Genauigkeiten nicht immer eingehalten werden. Folglich ist die Differenz zwischen den berechneten globalen Koordinaten und den GNSS-Koordinaten nicht im vorgegebenen Millimeter-Bereich.

### 4. Verweise

- Gruber, Joeckel: Formelsammlung für das Vermessungswesen
- Metzner, Martin: Vorlesungsskript Geodätische Messtechnik

---

## Profile measurements by RTK, tachymetry and gravimetry

### 1. Einleitung

Das WP5 ist verantwortlich für die Karte von Bougueranomalie und sie ist mit anderen Karten vor einigen Jahren zu vergleichen. Die Änderungen der Dichte im Lauf der Jahren werden auch überwacht. Während des zwei Wochen Praktikum in Ehingen wurden die gravimetrische Messungen durchgeführt. Im Steinbruch haben wir mit der Geräte in einem dichten Raster mit einem schnellen Modus und noch mit einem längeren Modus gemessen. Mit der Daten der anderen WP können wir unsere Ergebnisse berechnen.

### 2. Kurze Erklärung

Wir haben zwei unterschiedliche Arten der Daten. Die Schwerkraft wird durch Scintrex CG-5 gemessen und der horizontale Winkel, der vertikale Winkel, Schrägstrecken werden vom Tachymeter gemessen. Vor allem wird die Einstellung gemacht und dann berechnen wir den lokalen Koordinaten der anderen Gruppen. Mit Daten der Gruppe 4 können wir allen Gruppen verbinden. Daher werden alle Einstellungen angewandt. Mit der Höheninformation kann die Bougueranomalie danach durch einigen Korrekturen erreicht werden. Mit der Transformationsparameter aus WP 4 sind wir in der Lage, alle Punkte in WGS84 Koordinatensystem zu transformieren. Dann transformieren sie ins Gauß-Krüger Koordinatensystem. Schlussendlich veranschaulicht die Karte von Bougueranomalie in Gauß-Krüger-System und vergleichen sich die zwei Karten.

Input:

1. Die Daten von Gravimeter und Tachymeter. (WP5)
2. Die lokale Koordinaten der drei Kontrollpunkte. (WP4)
3. Die Transformationsparameter des 3D-Referenz-System in GNSS System
4. Die Höhe von einem Kontrollen Punkt.

Output:

1. Karte von Bougueranomalie.
2. Unterschiede im Vergleich zum letzten Jahr.

### 3. Ergebnisse

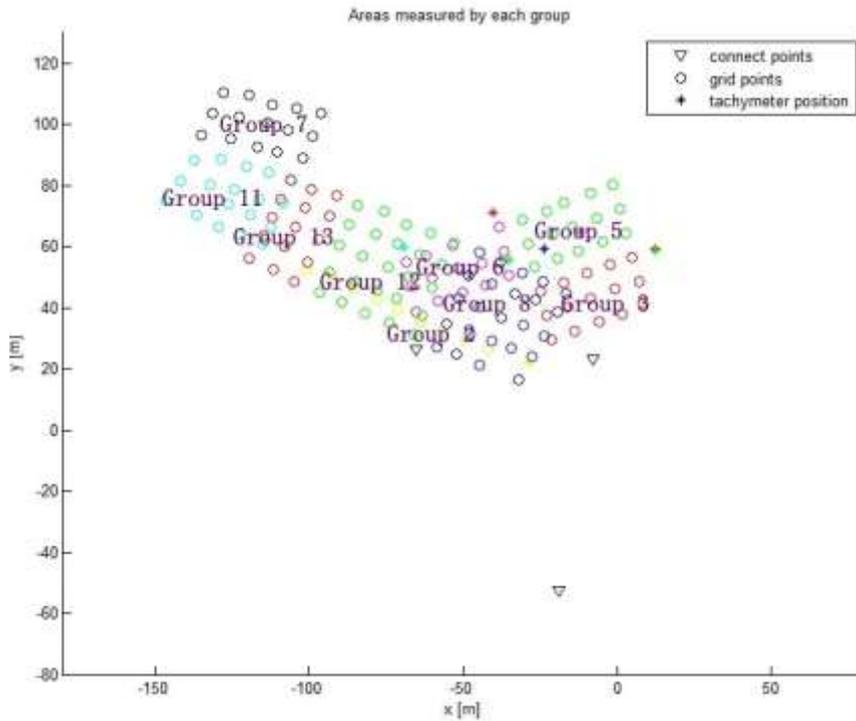


Abbildung gemessene Punkte von Gruppen

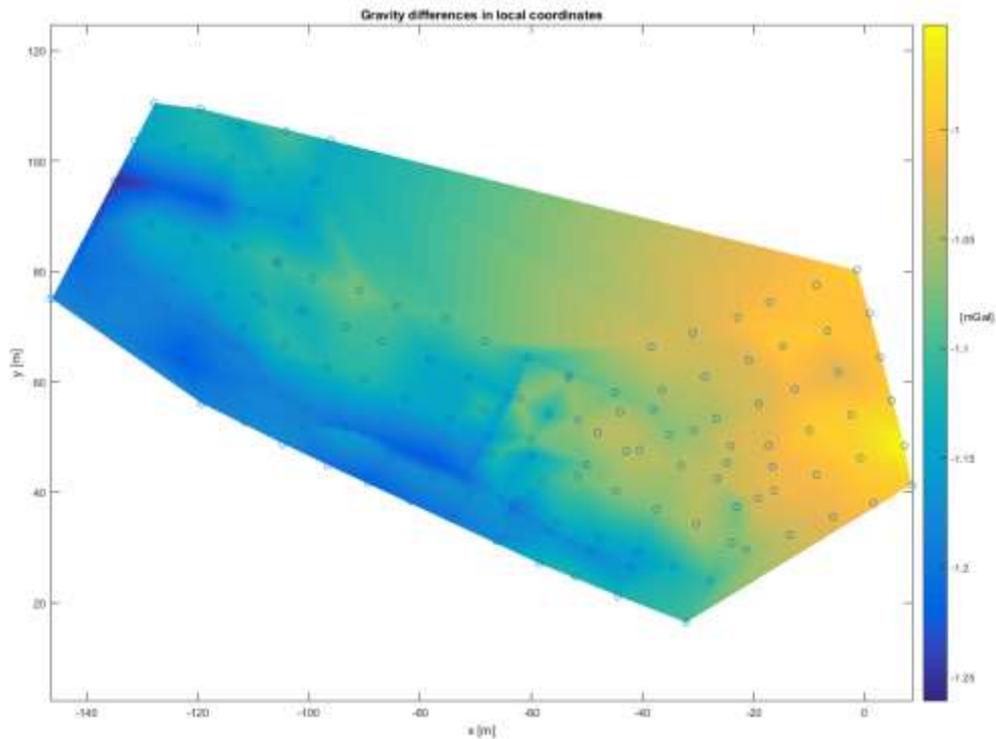


Abbildung Unterschiede von Schwerwerte



#### 4. Zusammenfassung

##### Probleme:

im Fieldwork hatten wir einige Probleme, die wir im Zukunft vermeiden können.

1. wir müssen in der Lage sein, die Punkte selbst aufzubauen wenn der Supervisor den Referenzpunkt misst.
2. wegen schlechten Wetter hat eine Gruppe nur 9 Punkte gemessen, die Daten sind wesentlich nicht nutzbar.
3. vor der Messung ist immer die Reflektorhöhe zu bestimmen und zu dokumentieren. es wird problematisch wenn wir bei der Ausarbeitung immer noch nach Höhen fragen müssen.
4. Vorm Praktikum sollte die Programmierung fertig gemacht werden. Man kann dann effektiver arbeiten.

[Kinematic Road survey](#)

## 1. Einleitung

Die Anwendungsgebiete für Integrierte Navigationssysteme sind sehr vielseitig, unter anderem Mobile Mapping Systeme und Mobiles Laserscanning. Im Integrierten Praktikum werden mit Hilfe des Integrierten Navigationssystems Applanix LV 420 Positionen und Orientierungen entlang des Straßennetzes erfasst.

## 2. Kurze Erklärung

Applanix LV 420 setzt sich aus folgenden Komponenten zusammen: Inertiale Messeinheit (IMU), Distance Measuring Unit (DMI), GPS Azimuth Measurement System (GAMS) und GNSS-Empfänger. Die IMU ist zuständig zur Erfassung von Beschleunigungs- und Winkeländerungen. DMI erfasst den zurückgelegten Weg und GAMS das Heading des Fahrzeugs. Hierfür werden die zwei GNSS-Empfänger benötigt, die L1 und L2, C/A und Phasenmessungen empfangen. Alle Komponenten sind, mit zueinander bekannter Geometrie (Hebelarmen), im Messfahrzeug zu installieren. Vor jeder Messfahrt muss das System Kalibriert werden. Zur Steigerung der Positionsgenauigkeit wird während der Fahrt Differenzielles GNSS verwendet. Nach der Fahrt werden die erfassten Daten gefiltert, geglättet und integriert (sowohl vorwärts als auch rückwärts). Dies ermöglicht eine finale Genauigkeit im cm-Bereich. (Siehe Abbildung 1)

## 3. Zusammenfassung

Während in Realtime eine Genauigkeit der Position von 2-3m erreicht wird (Siehe Abbildung 2), kann durch Postprocessing eine deutliche Genauigkeitssteigerung erreicht werden. Das finale Ergebnis der Datenerhebung und Datenbearbeitung ist in Abbildung drei dargestellt.

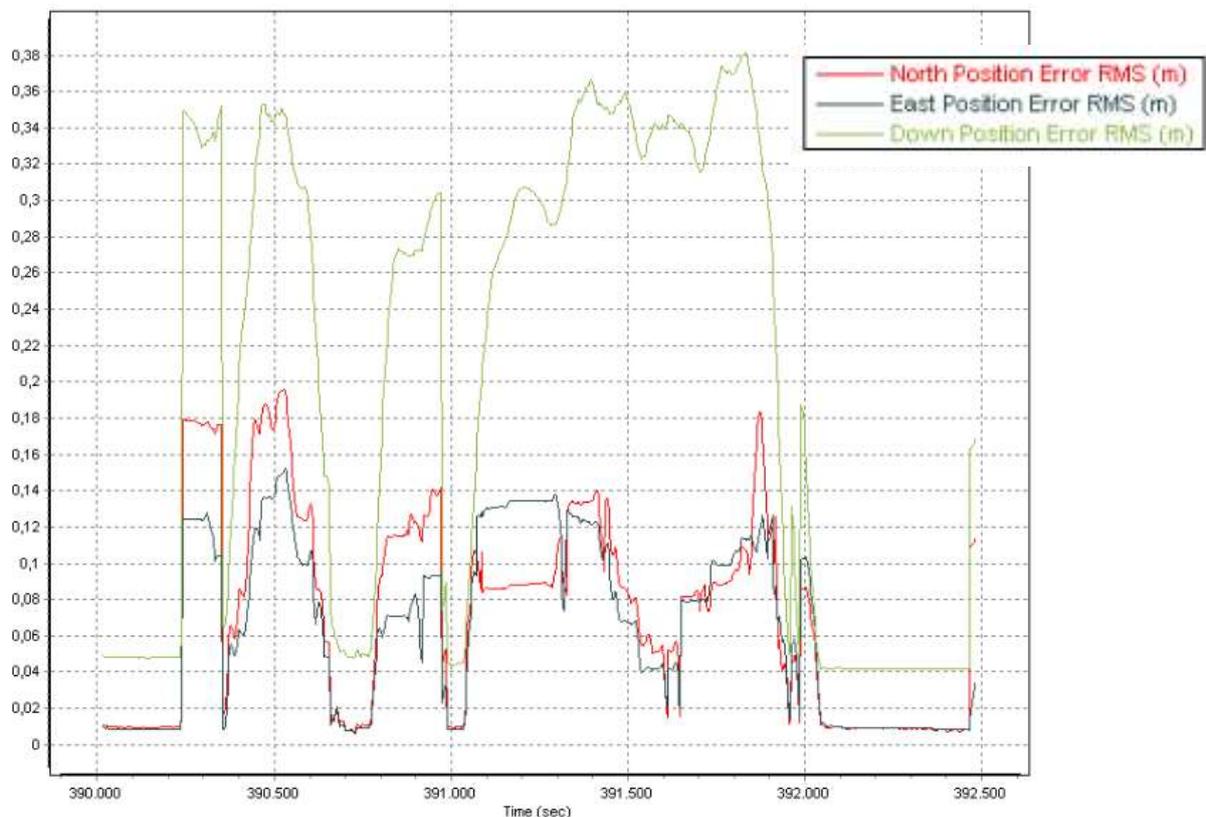


Abbildung 1: Genauigkeit im Postprocessing.

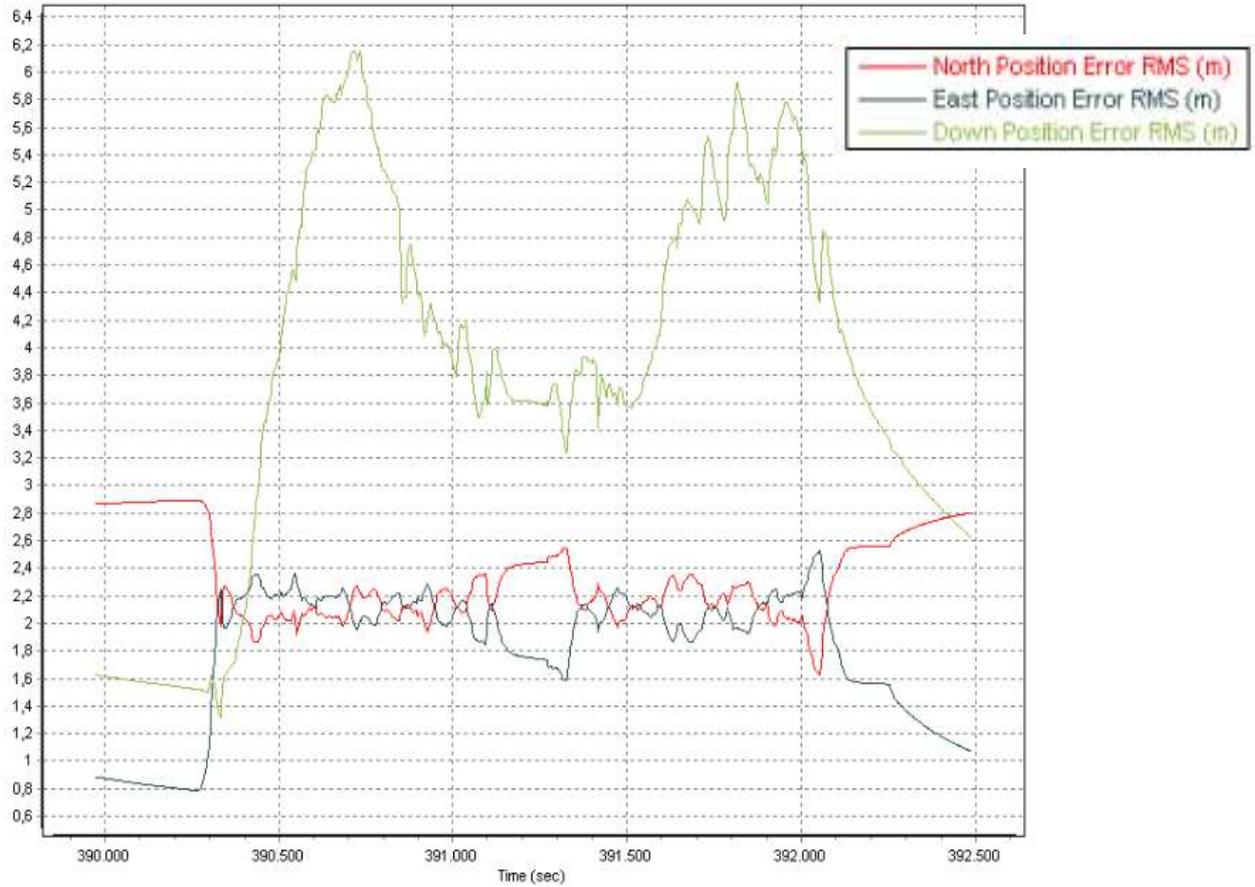


Abbildung 2: Genauigkeit in Realtime

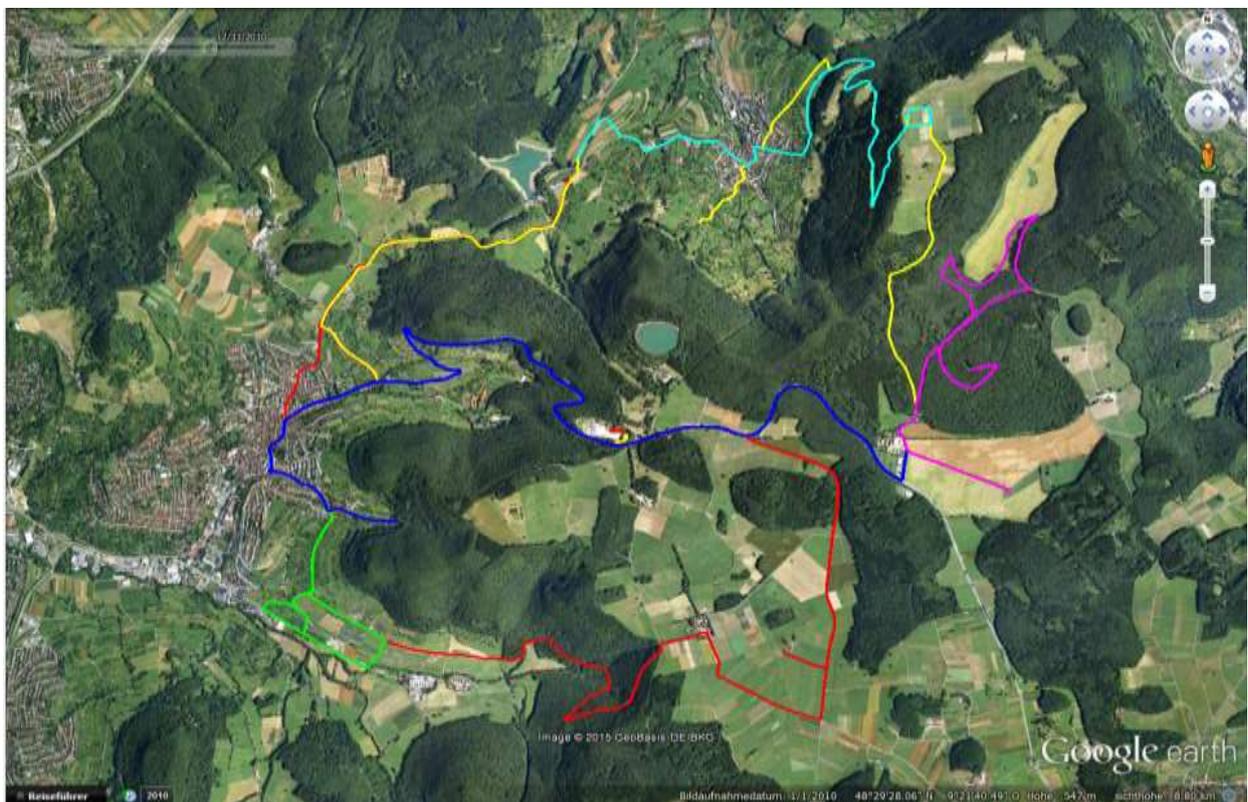


Abbildung 3: Finales Ergebnis

## Land use classification with the help of remote sensing

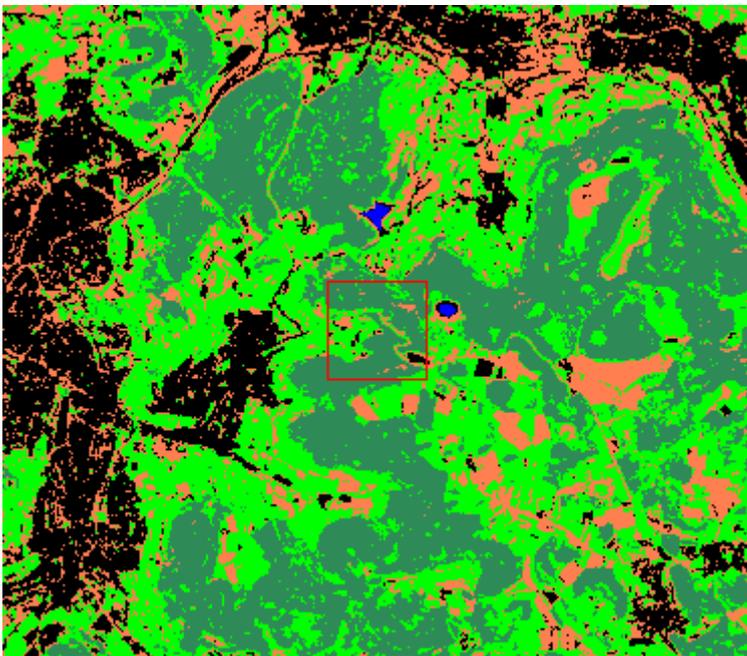
### 1. Einleitung

Beim Workpage 7 handelt es sich um eine Landnutzungsbestimmung durch Fernerkundung. Über Landsat 8 werden Satellitenbilder zur Verfügung gestellt, welche durch GIS-Software auf ihre spektralen Eigenschaften untersucht werden. Aufgrund von verschiedenen Reflexionseigenschaften wird eine Karte des Gebietes mit verschiedenen Nutzungsarten (Wald, Feld) des Bodens erstellt.

### 2. Kurze Erklärung

Aufgabe ist es das Gebiet um Renkenberg mithilfe der Fernerkundung zu klassifizieren. Dafür werden Bilder vom Landsat 8 Satelliten auf ihre spektralen Eigenschaften untersucht. Um zu wissen was die Satellitendaten bedeuten brauchten wir zuerst Vergleichswerte. Mit einem Gps Empfänger wurden im Feld Polygone aufgenommen und ihre tatsächliche Nutzung aufgeschrieben.

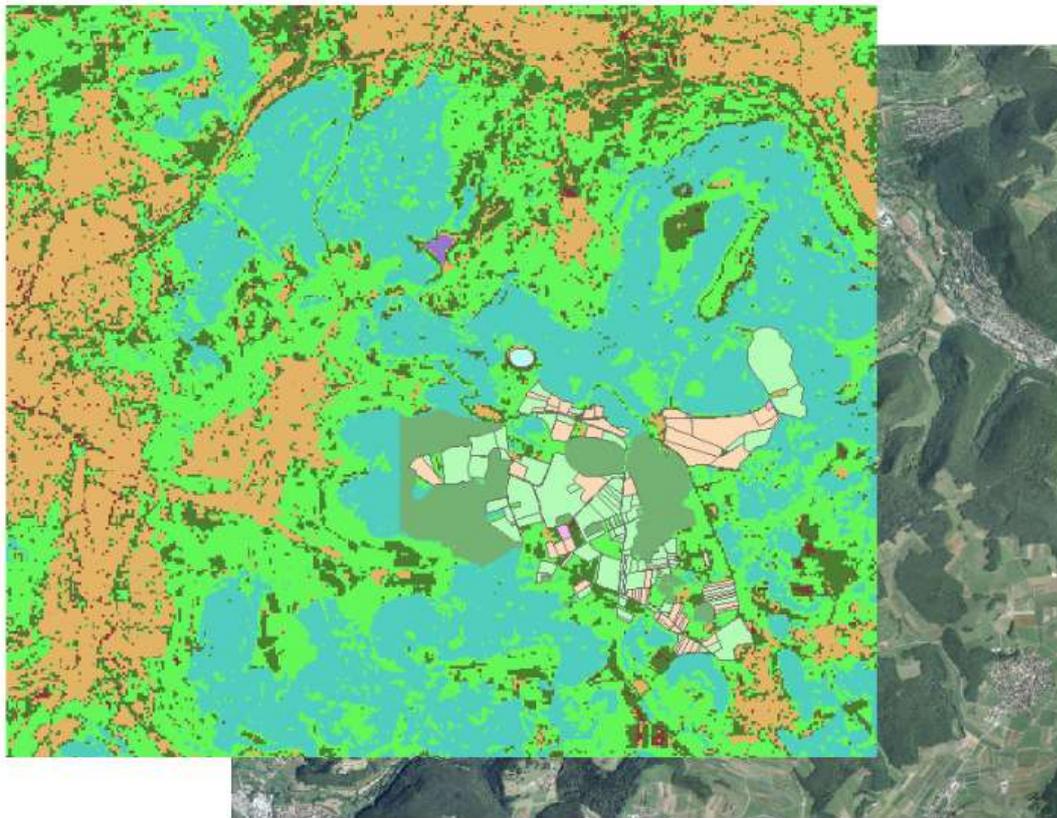
Mithilfe des Infrarot und Farbspektrums des Satelliten soll ein Programm nun zuerst lernen wie die verschiedenen Gebiete wie Felder und Wälder aussehen. Dafür werden die Pixel, die in den aus dem Feld bekannten Polygonen liegen, als Training verwendet. Anschließend versucht das Programm jedem weiteren Pixel anhand seiner infraroten und farbspektralen Strahlung ein der vorher trainierten Nutzungen zuzuweisen.



Landnutzung nach Landsat 8

### 3. Zusammenfassung

Die Ergebnisse der anhand des Satelliten bestimmten Landnutzung wurde mit den im integrierten Praktikum vor Ort notierten Ergebnissen verglichen. In unserer sichersten Kategorien zählen Wald und Wiesen. Diese stimmten zu jeweils 75% überein. Felder stellten sich als eine zu große Herausforderung heraus da sie sich alle sehr stark unterscheiden.



Landnutzung(links) mit Polygonen der am Boden aufgenommenen Werte und einem Orthophoto überlagert.

		Groud Truth (pixels)/ Reference Data								
Classification	Class	Water	forest	Residential	Green land	Field	Test fied	Sum Classification	User's accuracy	
	Unclassified	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Water	37	0	0	0	0	0	37	100%	
	forest	0	2663	68	217	1	0	2949	90%	
	Residential	24	0	16999	63	57	0	17143	99%	
	Green Land	0	887	1619	2693	255	11	5445	49%	
	Field	1	2	451	126	866	12	1458	59%	
	Test field	7	94	3417	567	648	13	4746	0%	
Sum Reference	69	3626	22554	3666	1827	36	31778			
Producer's accuracy		37/69	2663/3626	16999/22554	2693/3666	866/1827	13/36	30754/154593		
		54%	73%	75%	73%	47%	36%	19%		

Genauigkeiten

#### 4. Verweise

EarthExplorer. (n.d.). Retrieved May 18, 2015, from <http://earthexplorer.usgs.gov/>

---

## Precise local network / Densification RTK & Tachy

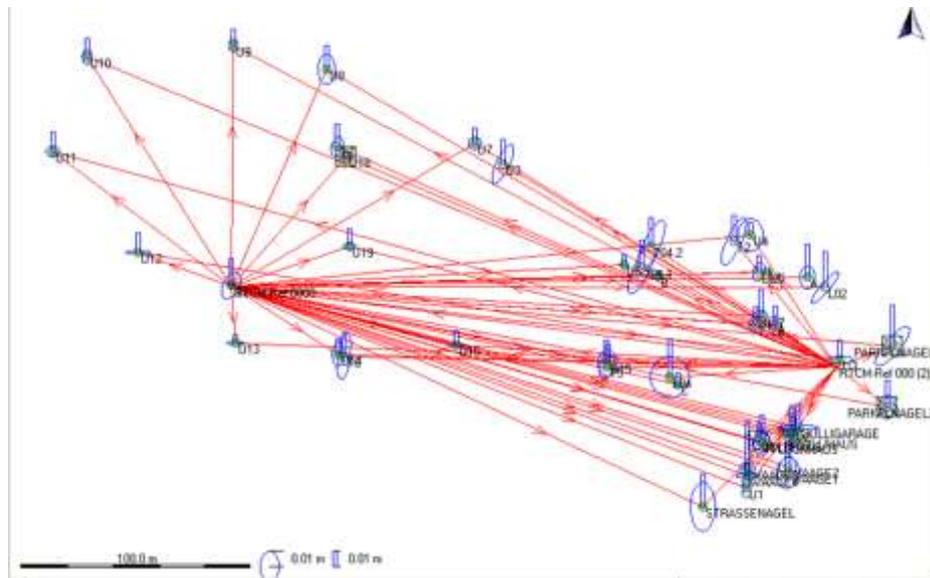
### 1. Einleitung

Das Ziel unserer Arbeitsgruppe ist die Messung und Bereitstellung von neuen möglichst exakten Punktkoordinaten (1-2cm Genauigkeit), welche von den Arbeitsgruppen 9, 10 und 11 benötigt werden und davor markiert wurden. Diese werden gemessen und dann mit Hilfe der von Arbeitsgruppe 2 bereitgestellten Transformationsparameter in Gauß-Krüger-Koordinaten transformiert.

### 2. Kurze Erklärung

Die Messungen erfolgen mit dem neuen Leica Viva System. Alle signalisierten Punkte werden mit jedem verfügbaren Rover aufgenommen, um Bedienungsfehler und einzelne Ausreißer detektieren und eliminieren zu können - durch Mittelwertbildung wird anschließend die Position bestimmt. Das bereits vorhandene Punktnetz wird dadurch verdichtet. Die so gemessenen globalen Koordinaten werden dann mit Hilfe einer geräteinternen Helmerttransformation auf den Rover – deren Transformationsparameter von Arbeitsgruppe 2 zur Verfügung gestellt werden – in Gauß-Krüger-Koordinaten transformiert und für die Arbeitsgruppen 9, 10 und 11 bereitgestellt. Ein Tachymeter wurde bei den Messungen nicht benötigt, da alle zu messenden Punkte mit RTK messbar sind.

### 3. Zusammenfassung



Grafik 1: Fehlerellipsen der gemessenen Punkte

In Grafik 1 ist die Lage der gemessenen Punkte abgebildet. Im Vergleich mit dem Orthofoto (siehe WP11) ist zu sehen, dass die größten Ungenauigkeiten in den Bereichen auftreten, welche unter Bäumen (rechts unten in der Grafik) oder direkt an der Wand des Steinbruchs liegen. Diese Abweichungen sind erklärbar, da die Abschattungen bei bestehender Satellitenkonstellation nicht ideal ist.

Die erreichten Genauigkeiten liegen mit maximal 1,4cm Abweichung in der Lage und maximal 2,2cm in der Höhe im gewünschten Bereich.

Die Koordinatendifferenzen zwischen Berechnung mit Transformationsparametern von WP2 zu verschiedenen Positionierungsdiensten sind in der angehängten Tabelle dargestellt.

Beim Vergleich der mit eigenen Transformationsparametern berechneten Positionen mit den Ergebnissen, welche mit SAPOS und Smart Net Germany gemessen wurden fällt auf, dass nahezu alle Werte nur sehr geringe Abweichungen haben. Die berechnete Höhe bei Smart Net Germany hat jedoch einen Offset von etwa 3,65m. Dies kann daran liegen, dass zur Berechnung unterschiedliche Geoidmodelle verwendet werden.

## Terrestrial Photogrammetry

### 1. Einleitung

Das Ziel der letzten zwei Wochen war es durch verschiedene Methoden/Aufnahmeweisen Bilder vom gewünschten Objekt zu machen. Im Nachhinein kann man beide Methoden miteinander vergleichen und die Vor- und Nachteile der jeweiligen Verwendungsart feststellen.

### 2. Kurze Erklärung

#### 2.1 Beschreibungen des Verlaufs

**1 Woche:** Die Bilder wurden in einer Art Panoramablick aufgenommen und hat dadurch weniger Standpunkte aber mehr Blickwinkel. Zusätzlich können zur besseren 3D-Darstellung Bilder vom Phantom hinzugefügt werden. Diese Methode wurde auf Grund der hohen Überlappung von Bildern ausgewählt. Hierzu wurden 61 Bilder gemacht mit einer Überlappungsrate von 60%.

**2 Woche:** Die Bilder wurden in einer fortlaufenden Basislinie aufgenommen und zusätzlich mit den Bildern vom UAV und Phantom vervollständigt. Hier wurde diese Methode ausgewählt auf Grund der besseren geometrischen Sichtweise. Dafür wurden 46 Bilder aufgenommen mit ebenfalls einer Überlappung von 60%.



Abbildung 2.1 Die Standpositionen von Terrestrische Kamera and UAV

Aus der ersten Woche gibt es ein Beispiel im Programm für die Referenzen, die jeweils ein gutes Ergebnis für die Genauigkeit der Koordinaten aufweisen. Im Programm ist es als total Error bezeichnet (0,012920m). Die Pixelgenauigkeit sollte unter einem 1 Pixel liegen. Das Programm beinhaltet die Orientierung genauso wie die Genauigkeiten der Orientierung. Diese können jeweils von der 6-8 Spalte abgelesen werden und die Genauigkeit in der letzte.

The screenshot shows a software window with two tables. The top table, titled 'Cameras', lists 20 camera entries with columns for East, North, and Altitude estimates, their respective errors in meters, and estimated yaw, pitch, and roll angles. The bottom table, titled 'Markers', lists 8 markers with columns for East, North, and Altitude errors in meters, the total error in meters, the number of projections, and the error in pixels. A 'Total Error' row is also present at the bottom of the markers table.

Cameras	East est	North est	Alt. est	Error (m)	Yaw est	Pitch est	Roll est	Error (deg)	Projections	Error (pix)
DSC_03...	3521967.797509	5372258.344062	701.130407	201.405	82.495	-169.034	-169.034	625	1.703	
DSC_03...	3521967.814556	5372258.343300	701.129930	198.067	82.719	-174.990	-174.990	632	2.015	
DSC_03...	3521967.813945	5372258.342204	701.130267	198.336	82.747	-174.738	-174.738	625	1.851	
DSC_03...	3521967.795683	5372258.443714	701.370686	220.340	86.165	-152.000	-152.000	648	1.948	
DSC_03...	3521967.764181	5372258.428068	701.372347	203.242	85.019	-147.304	-147.304	607	2.212	
DSC_03...	3521967.747646	5372258.424343	701.372169	193.232	84.765	-142.107	-142.107	540	2.017	
DSC_03...	3521967.741270	5372258.414949	701.371916	182.237	84.496	-140.537	-140.537	524	2.180	
DSC_03...	3521969.405592	5372258.440228	701.392913	230.807	84.904	-162.911	-162.911	591	1.862	
DSC_03...	3521969.416698	5372258.445287	701.394045	203.952	84.938	-167.395	-167.395	390	1.902	
DSC_03...	3521969.394098	5372258.458301	701.393917	191.851	84.606	-157.230	-157.230	630	2.056	
DSC_03...	3521969.365018	5372258.409749	701.394753	192.202	84.780	-145.308	-145.308	600	2.003	
DSC_03...	3521969.341700	5372258.448958	701.395217	185.534	83.978	-135.675	-135.675	542	1.987	
DSC_03...	3521964.768397	5372258.382881	701.334501	214.795	86.884	-175.883	-175.883	660	2.052	
DSC_03...	3521964.741459	5372258.408686	701.336222	201.392	86.605	-165.754	-165.754	610	1.933	

Markers	East err (m)	North err (m)	Alt. err (m)	Error (m)	Projections	Error (pix)
1	-0.000163	0.002300	-0.000287	0.002323	25	0.171
2	0.003702	-0.000134	-0.001051	0.003850	30	0.200
3	0.000388	-0.007200	-0.002975	0.007800	29	0.197
4	0.000404	-0.007980	0.003457	0.008706	21	0.206
5	-0.004633	-0.003840	-0.002860	0.006663	16	0.175
6	-0.003044	-0.004847	0.000932	0.005799	14	0.173
7	0.007725	-0.008934	0.002368	0.012045	13	0.210
8	-0.004389	0.030594	0.000413	0.030910	14	0.189
<b>Total Error</b>	<b>0.003932</b>	<b>0.012119</b>	<b>0.002145</b>	<b>0.012920</b>		<b>0.191</b>

Abbildung 2.2 Die Tabelle von Fehler

Nach der Ausgabe der Punktwolke werden die mit den terrestrischen Laserscanning von jeweiligen Wochen verglichen. Außerdem werden die Differenzen zwischen beiden Wochen ausgerechnet.

## 2.2 Ergebnisse aus beiden Wochen

Erreichte Genauigkeit der Koordinatendifferenzen aus beiden Wochen:

	Ost Fehler [m]	Nord Fehler [m]	Höhe Fehler [m]	Fehler [m]
Woche 1	0,003932	0,012119	0,002145	0,012920
Woche 2	0,002103	0,002357	0,001885	0,003678

Erreichte Genauigkeit der Koordinatendifferenzen und Zielmessgenauigkeit aus beiden Wochen:

	O. Fehler [m]	N. Fehler [m]	H. Fehler [m]	Fehler [m]	Zielmessgenauigkeit [Pixel]
Woche 1 Ter.+Phantom	0,013111	0,010902	0,059301	0,061704	0,544
Woche 2 Ter.+Phantom	0,013336	0,018358	0,046261	0,051526	0,310
Woche 2 Ter.+UAV	0,002475	0,002976	0,001787	0,004264	0,164

Ergebnisse von Woche 1 und 2 mittels CloudCompare:

	vermittelte Distanzdifferenz [m]	Standardabweichung [m]
Woche 1 & Laser scanning	0,07565	0,2348
Woche 2 & Laser scanning	0,07232	0,2048
Woche 1 & Woche 2	0,06539	0,2814

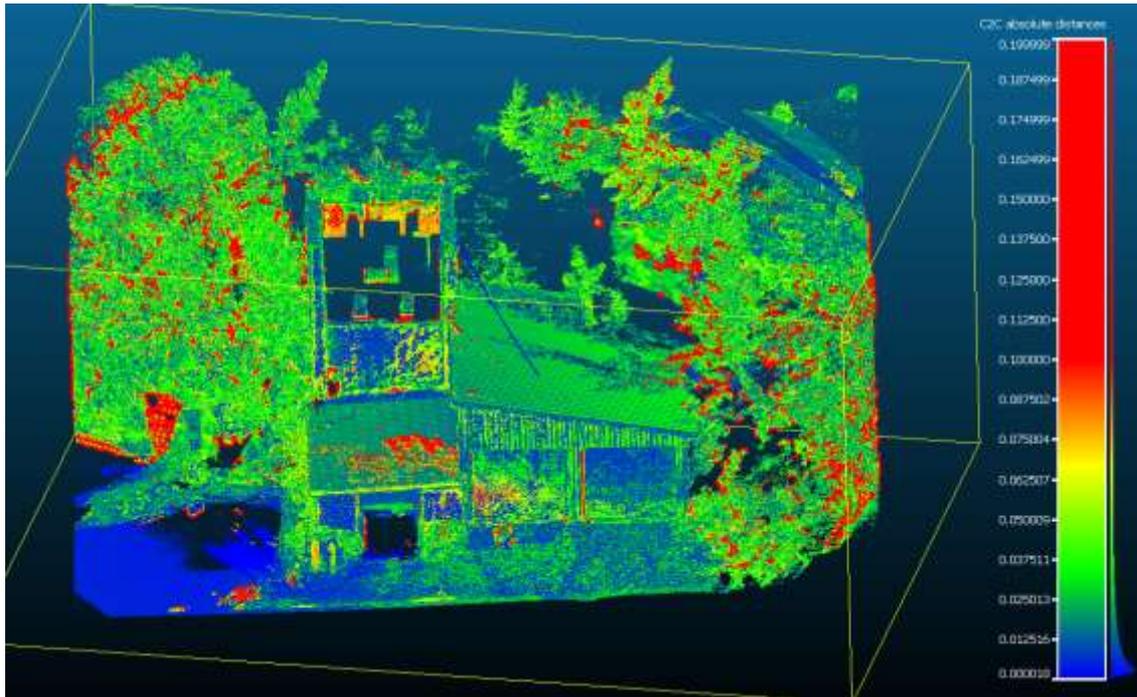


Abbildung 2.3 Vergleich von Woche 1 mit terrestrischem Laserscanning

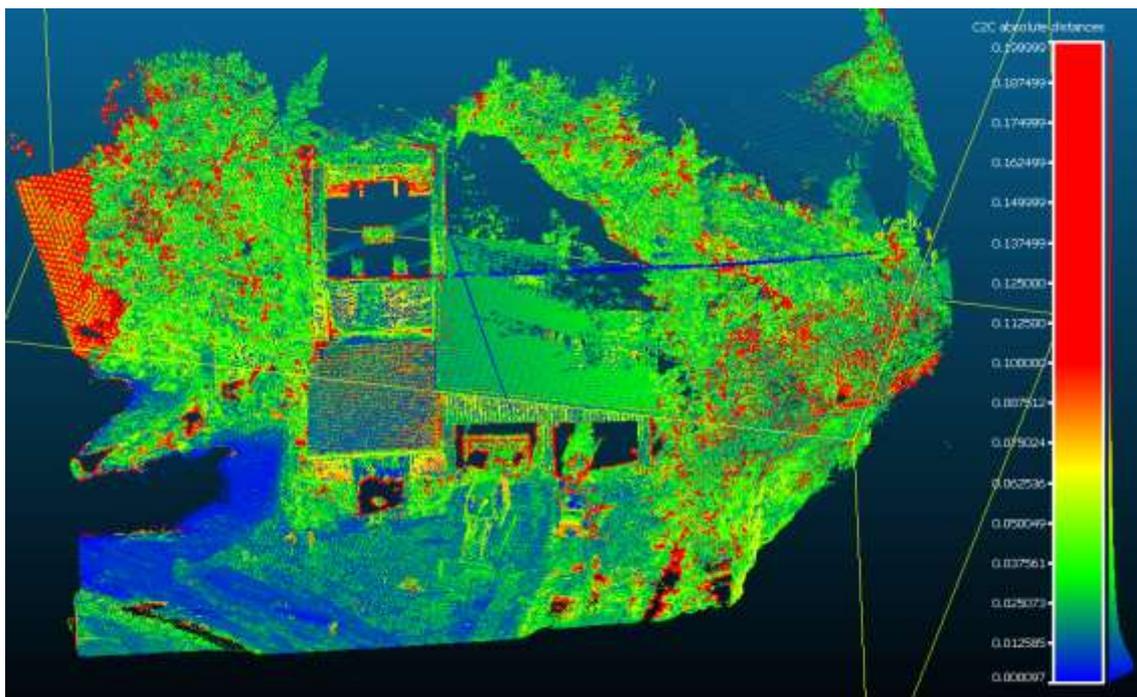


Abbildung 2.4 Vergleich von Woche 2 mit terrestrischem Laserscanning

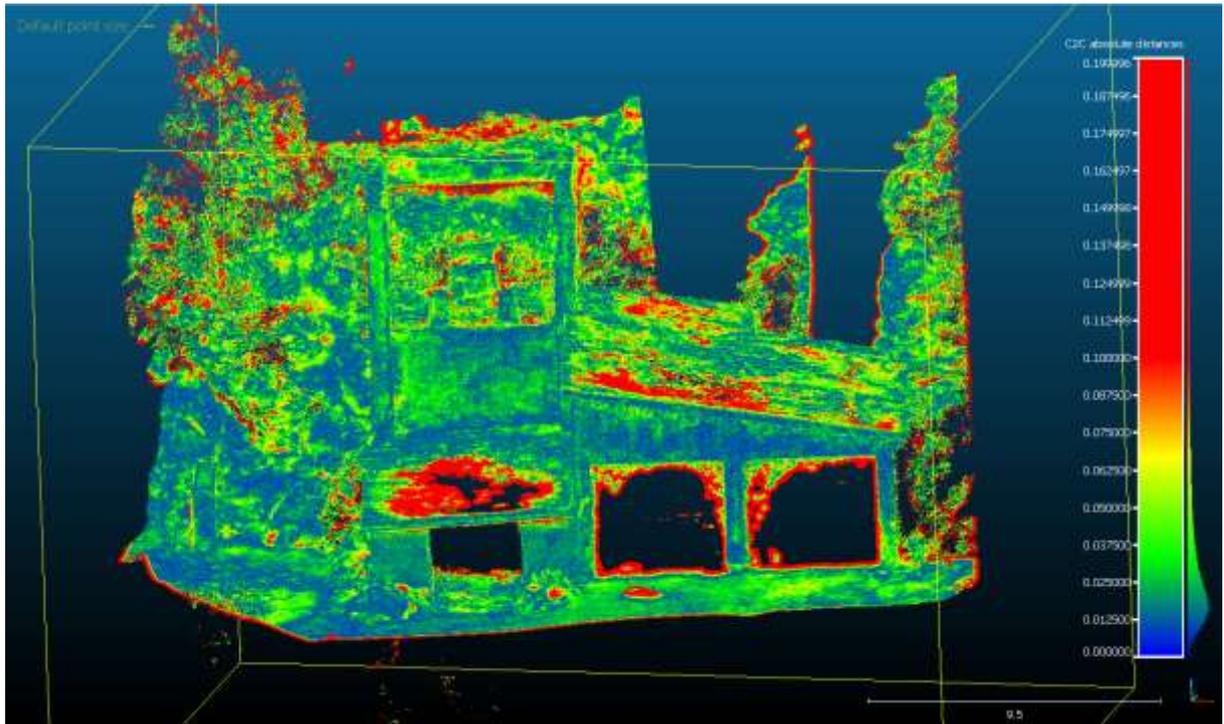


Abbildung 2.5 Vergleich von Woche 1 mit Woche 2

### 2.3 Fehler während dem Praktikum

- Vergleich terrestrische Kamera und Phantom

Wenn man die Kamera vom Phantom und der terrestrischen Kamera vergleicht, lässt sich feststellen, dass die Phantom Kamera eine weitaus schlechtere Qualität besitzt und somit die Genauigkeit ausreichend ist, obwohl diese teilweise mehr als 3 Pixel beträgt.

Beispiel von Zielmarke:

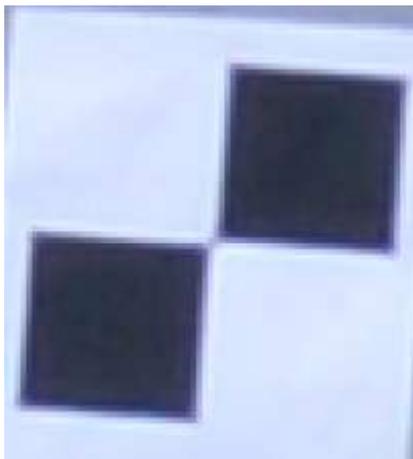


Abbildung 2.6 terrestrische Kamera



Abbildung 2.7 Phantom Kamera

Die Schwarz und Weiß Flächen der Zielmarken haben dieselbe Größe erscheinen jedoch durch zu viel Lichteinfall unterschiedlich groß (weiß wirkt größer).

- Vergleich Phantom und UAV

Zusätzlich sind Fehler auf größeren Flächen mit ähnlicher Struktur entstanden. Dies kann damit begründet werden, dass es für das Programm schwer ist dieselben Punkte ausfindig zu machen wenn alle gleich aussehen.



Abbildung 2.8 Dach mit Phantom aufgenommen

Dazu im Vergleich hat das UAV nicht so große Probleme mit der Konstruktion vom Dach. Die Bilder sind zwar viel dunkler ausgefallen jedoch hat dies keine Auswirkung auf die Qualität.

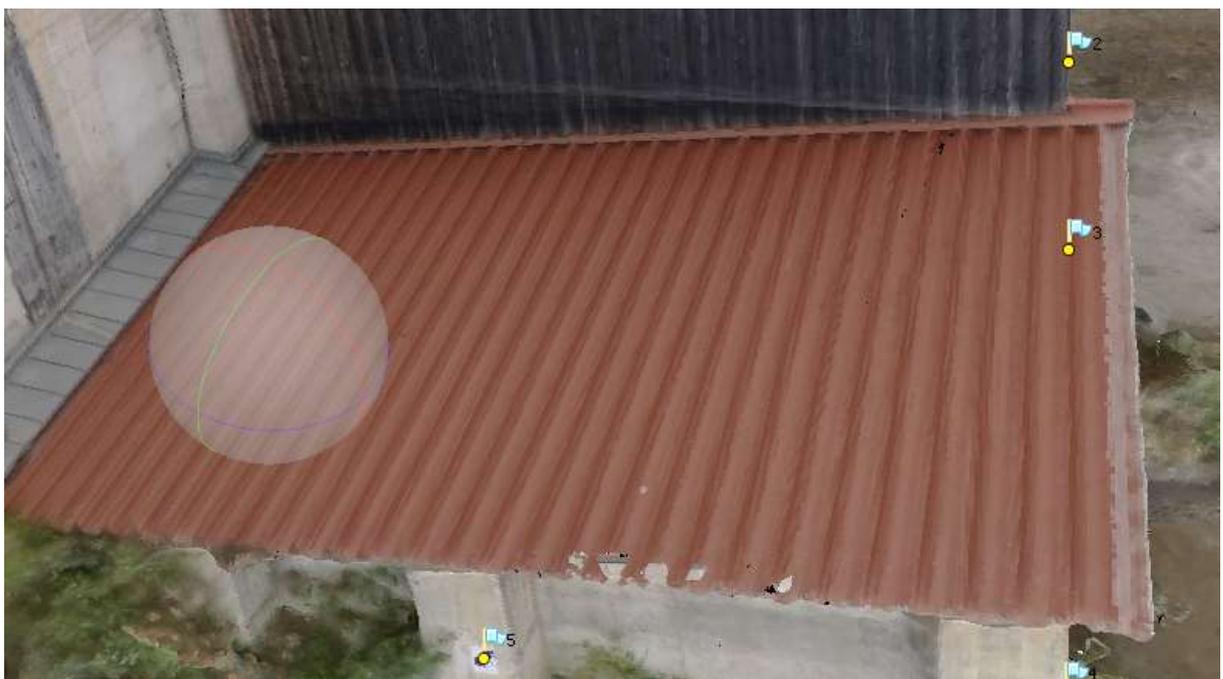
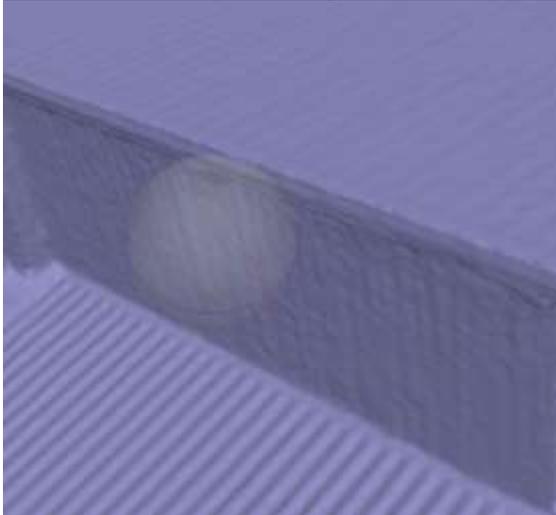


Abbildung 2.9 Dach mit UAV aufgenommen

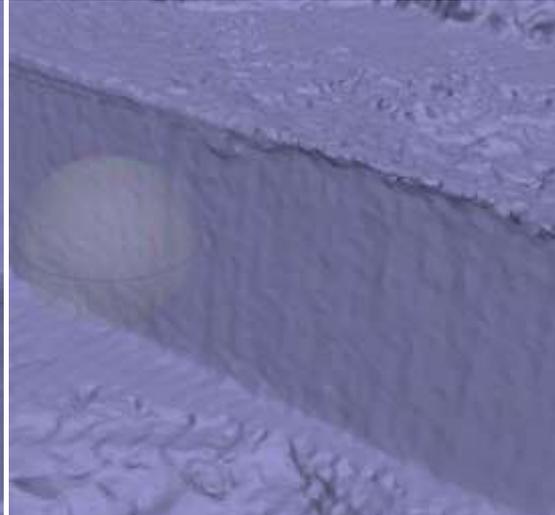
Der Grund für die Fehler bei den Phantom-Bildern ist die geringe Anzahl an Verbindungspunkten. Dadurch wird das Anpassen oder Zusammensetzen von Bildern erschwert.

Anders als beim Phantom hat das UAV genug Verbindungspunkte um eine gute Struktur des Daches darstellen zu können.

Zusätzlich ist die Qualität vom UAV besser. Das Phantom Bild hat viel zu viel Rauschen und erschwert somit die richtige Findung der passenden Punkte. Durch den Solid-Modus erkennt man es sogar noch besser welche Bilder mehr Rauschen aufweisen.



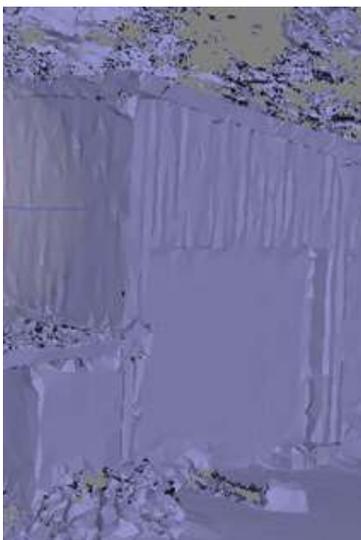
UAV – Solid-Modus



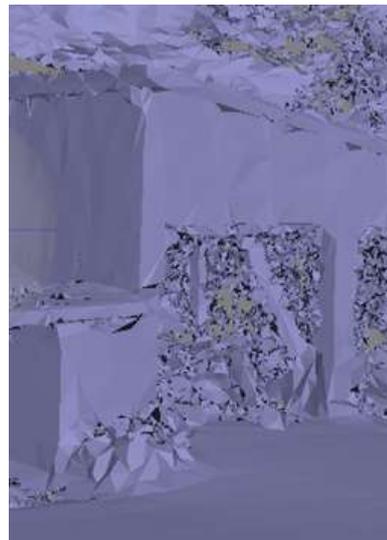
Phantom – Solid-Modus

- Vergleich terrestrische Kamera Woche eins und zwei

Wegen verschiedenen terrestrischen Aufnahmen Methoden werden die Rand sowie die Wände von dem Gebäude aus Woche eins relativ mehr verzerrt im Vergleich nach Woche zwei.



Woche 1



Woche 2

### 3. Zusammenfassung

Die aufgenommenen Bilder in beiden Wochen erzielten soweit hin gute Ergebnisse, dass man damit weiter arbeiten kann. Das Endergebnis von den work packages ist ein 3D-Modell vom Gebäude genauso wie einen Vergleich zwischen den beiden Wochen in CloudCompare zu erstellen.

Nach den Ergebnissen des Vergleichens hat die Vegetationsaufteilung relativ groß Abweichung als die von Gebäuden. Außerdem gibt es die Fehler aus den Dächern, was möglich aus der schlechten Bildqualität von Phantom. Die Rand von der Tür gibt es auch Fehler wegen der Bewegung in erste und zweite Woche.

In der ersten Woche kann man feststellen, dass die Genauigkeit und das Rauschen weiter verbreitet sind. Vom geometrischen Standpunkt aus gesehen war die zweite Woche besser, was auch der Grund dafür sein mag, wieso diese Ergebnisse nicht so viele Löcher in der Konstruktion aufweisen wie in Woche eins.

### 4. Referenzen

[1] Brief Description of Work Package 9

[Surface acquisition using Terrestrial Laserscanning](#)

**1. Einleitung**

Die Aufgabe des Workpackages 10 bestand darin, die Oberfläche eines bestimmten Gebäudes in der Deponie Renkenberg mittels terrestrischem Laserscanning zu erfassen und im Post-processing auszuwerten. Die so erzeugte Punktwolke des Gebäudes war anschließend mit der von Workpackage 09 durch terrestrische Photogrammetrie geschaffenen Punktwolke zu vergleichen, um etwaige Differenzen festzustellen.

**2. Kurze Erklärung**

Zunächst wurden die einzelnen Standpunkte des Laserscanners (in beiden Wochen jeweils drei Stück) sowie die Referenzpunkte (ebenfalls in beiden Wochen drei Stück) für die freie Stationierung des Scanners vor Ort festgelegt. Hierbei war auf eine gleichmäßige Verteilung sowie gute Sichtbarkeit zu achten. Die Koordinaten der Referenzpunkte wurden uns anschließend von Workpackage 08 bereitgestellt. Des Weiteren wurden Checkerboard-Targets um das Gebäude herum verteilt, um die einzelnen Scans im Post-processing zu verknüpfen. Nachdem von allen Standpunkten gescannt wurde, konnten die Daten ausgelesen und in Leica Cyclone weiterverarbeitet werden. Dabei wurden die einzelnen Scans miteinander verbunden (Registrierung) sowie in ein globales Koordinatensystem transformiert (Georeferenzierung) sowie deren Genauigkeiten ermittelt. Nun konnten die globalen Koordinaten der Checkerboard-Targets in Cyclone ausgelesen und an Workpackage 09 weitergegeben werden. Der letzte Schritt bestand darin, unsere Punktwolken mit den Punktwolken von Workpackage 09 in CloudCompare zu vergleichen.

**3. Zusammenfassung**

Beim Vergleich der Scans des gesamten Gebäudes fällt auf, dass es teilweise zu sehr großen Differenzen kommt. Dies ist auf die Tatsache zurückzuführen, dass sich die Daten aus Photogrammetrie und Laserscanning an manchen Stellen nicht überlappen. Dementsprechend hoch ist auch die Standardabweichung.

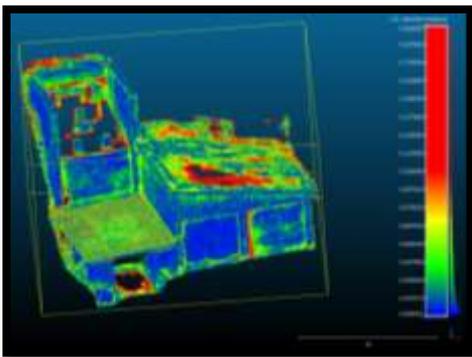


Abbildung 1: Vergleich der Scans in CloudCompare (Gesamtes Gebäude, Woche 1)

Min dist.	0
Max dist.	6.58477
Mean dist.	0.0756568
Sigma	0.234822
Max relative error	$3.77496 + 20.5774/d \%$ ( $d > 0.205774$ )

Tabelle 1: Min.,max., mittl. Distanz, Standardabweichung

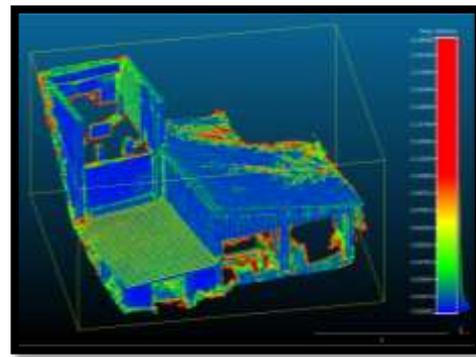


Abbildung 2: Vergleich der Scans in CloudCompare (Gesamtes Gebäude, Woche 2)

Min dist.	0
Max dist.	2.44075
Mean dist.	0.0723226
Sigma	0.204857
Max relative error	$3.77496 + 19.2691/d \%$ ( $d > 0.192691$ )

Tabelle 2: Min.,max., mittl. Distanz, Standardabweichung

Der Vergleich einzelner Bereiche des Gebäudes - an denen Daten beider Verfahren vorhanden sind - lieferte schließlich das gewünschte Ergebnis: Geringe Differenzen und eine kleine Standardabweichung.

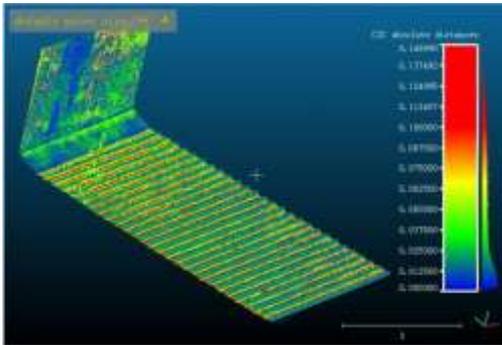


Abbildung 3: Vergleich der Scans in CloudCompare (Wand und unteres Dach, Woche 1)

Min dist.	0
Max dist.	0.438776
Mean dist.	0.0450361
Sigma	0.0470678
Max relative error	3.77496 + 8.22704/d % (d>0.08227...

Tabelle 3: Min.,max., mittl. Distanz, Standardabweichung

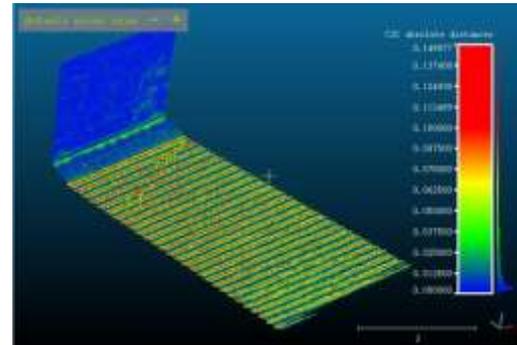


Abbildung 4: Vergleich der Scans in CloudCompare (Wand und unteres Dach, Woche 2)

Min dist.	0
Max dist.	0.177963
Mean dist.	0.034753
Sigma	0.041731
Max relative error	3.77496 + 7.62697/d % (d>0.07626...

Tabelle 4: Min.,max., mittl. Distanz, Standardabweichung

## 3D object reconstruction using UAS-photogrammetry

### 1. Einleitung

In der Arbeitsgruppe „UAV – Datenerfassung“ wurde in der vorbereitenden Woche ein kompletter Bildflug geplant. Ziel ist es, das gewünschte Gebiet vollständig zu erfassen um eine 3D – Objektrekonstruktion durchzuführen. Mit Hilfe dieser Rekonstruktion sollen die Volumenveränderungen zwischen den beiden Wochen und dem letzten Jahr berechnet werden.

### 2. Kurze Erklärung

Das gewählte Gebiet wurde in der Zeit des Messpraktikums zweimal befliegen. In der ersten Woche wurde eine günstige Kamera (Canon IXUS 100 IS) und in der zweiten Woche eine teure Kamera (Ricoh GXR Mount A12) für die Befliegung genutzt. Als Plattform wurde ein Multicopter (Abb. 1) ausgewählt. Zusätzlich wurden im Feld 19 Passpunkte positioniert. Die Koordinaten der Passpunkte wurden mit Hilfe von RTK-Messungen erfasst. Aus den erfassten Daten werden ein Orthophoto (Abb. 2) und ein digitales Oberflächenmodell (DOM) erstellt. Zweck dieser Arbeit ist es den Füllstand der Erddeponie Renkenberg zu bestimmen und mit dem Ergebnis des letzten Jahres zu vergleichen.



Abbildung 3. Multicopter



Abbildung 4. Orthophoto

### 3. Zusammenfassung

Für die Passpunkte ergab sich nach der Bündelausgleichung eine mittlere Genauigkeit von:

- Woche 1: 0.016138 m bzw. 0.146659 pix
- Woche 2: 0.032946 m bzw. 0.345952 pix

Die Fehler sind sehr klein, was eine gute Qualität der Punktwolke beweist.

Die Abbildung 3 zeigt die Höhenänderungen zwischen Woche 1 und Woche 2.

Abbildung 4 zeigt die Höhenänderungen zwischen den Jahren 2014 und 2015.

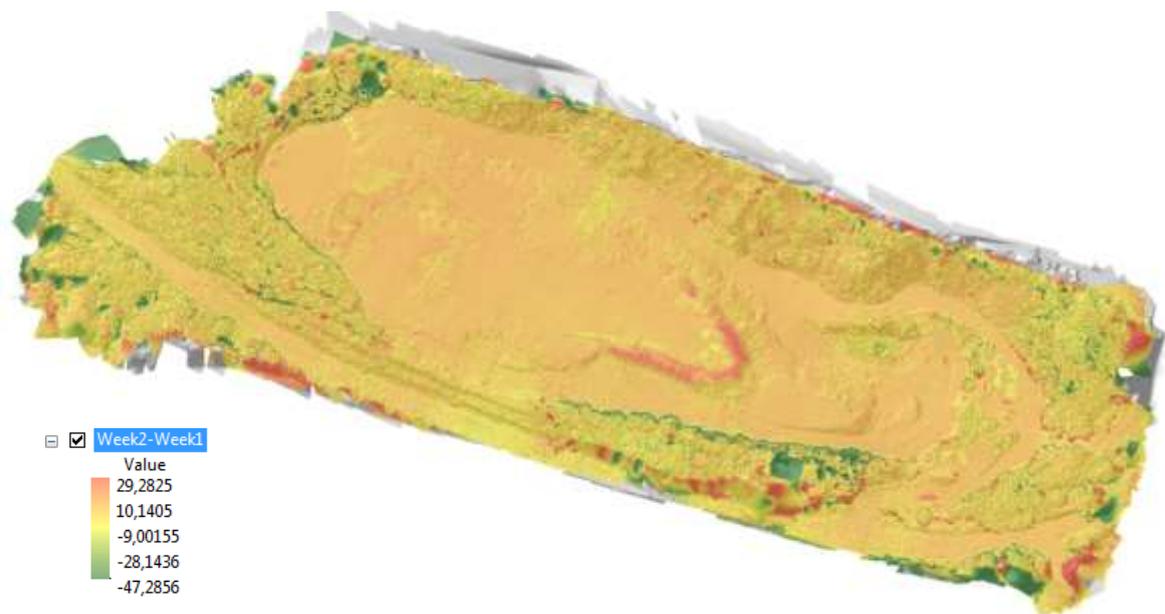


Abbildung 3. Höhenänderungen Woche1 und Woche2

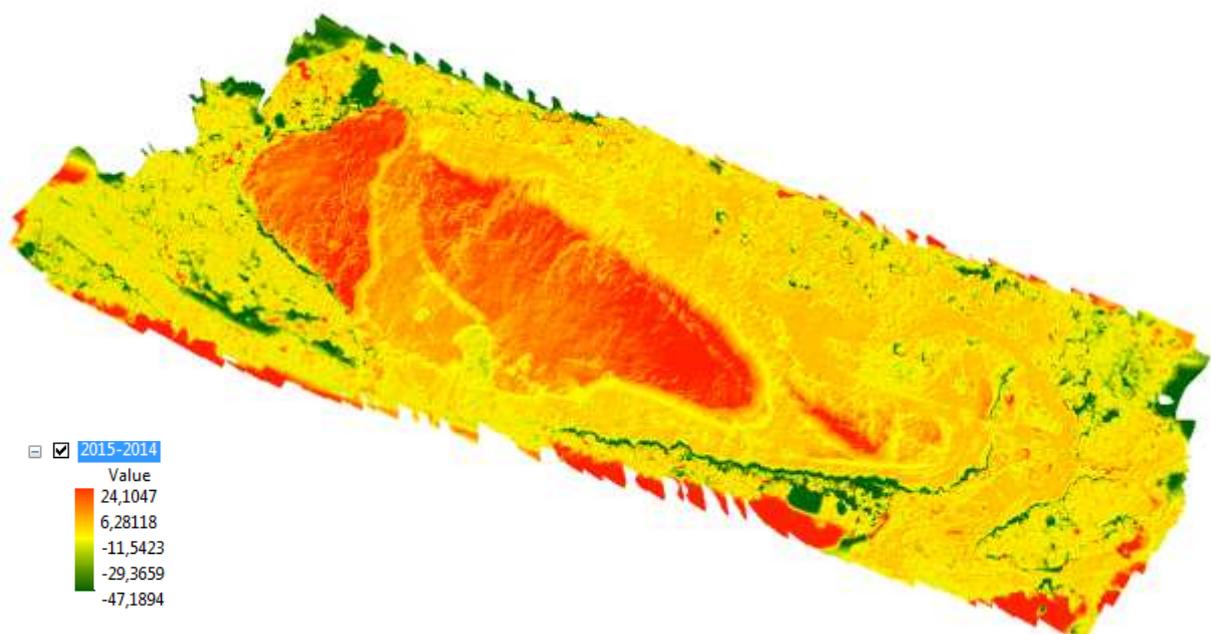


Abbildung 4. Höhenänderungen 2014 und 2015