

Integriertes Feldprojekt 2014

Im Sommer 2014 wurde wie in jedem Jahr das Integrierte Feldprojekt durchgeführt, an dem die Studenten des 6. Semesters B. Sc. Geodäsie und Geoinformatik und des 2. Semesters M. Sc. GEOENGINE teilnahmen.

Dieses Jahr fand dieses Projekt in der Deponie „Renkenberg“ in der Nähe von Eningen unter Achalm statt. Die durchgeführten Messungen dienten zur Erfassung des ehemaligen Steinbruchs und waren darüber hinaus Grundlage zur Berechnung der bereits geschehenen Verfüllung und der zukünftigen Kapazität der Deponie.

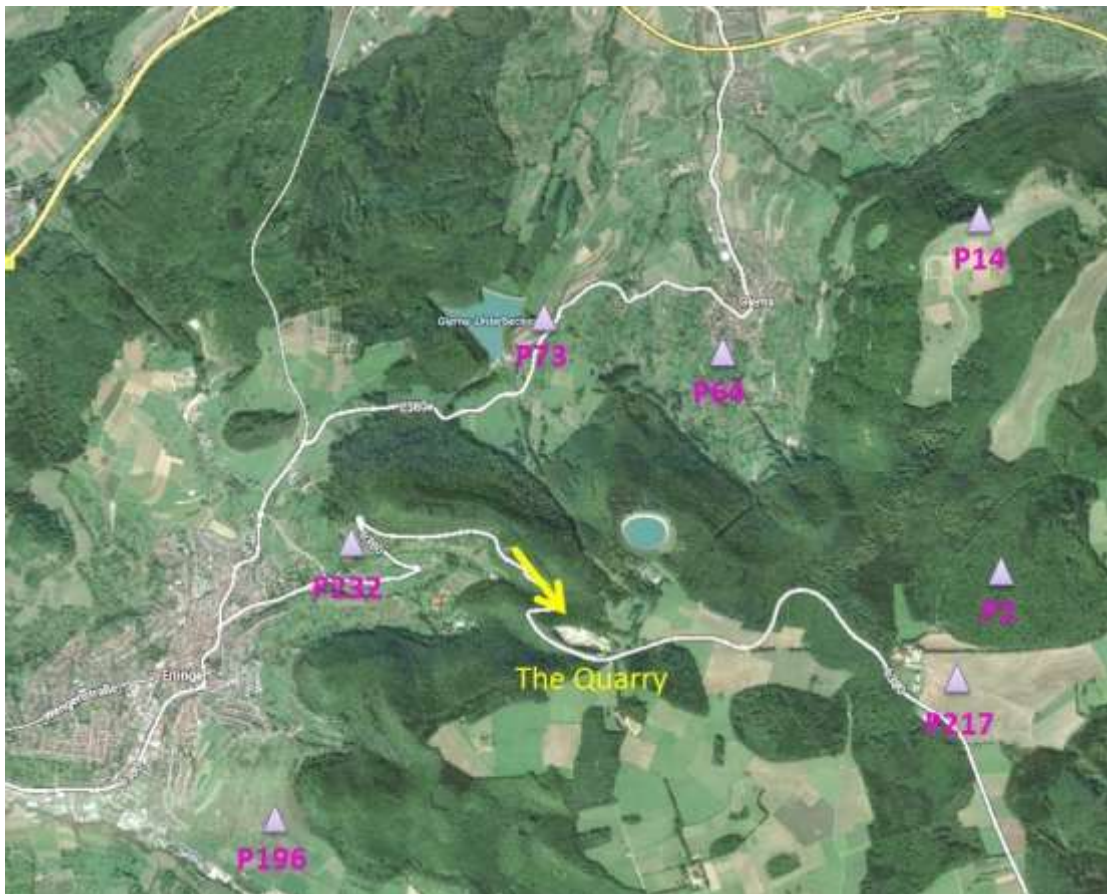
Das gesamte Projekt wurde in Arbeitspakete (kurz WP für „work package“) unterteilt und von kleineren Gruppen, welche aus 6 Studenten bestanden, vorbereitet. Diese Gruppen hatten auch die Aufgabe Arbeitsanweisungen zu verfassen und die Messungen zu planen, da diese im Feld von allen Studenten durchgeführt wurden. Die Vorbereitung des Projekts verlief über das gesamte Semester und beinhaltet Präsentationen der Arbeitspakete durch die einzelnen Gruppen. Aufgrund der großen Anzahl an Studenten (ca. 30 GuG und 30 GEOENGINE) wurde das Projekt über drei Wochen durchgeführt. In der ersten Woche befand sich die erste Hälfte Studenten in Eningen und führte die Messungen durch. Die andere Hälfte der Gruppe war in der zweiten Woche im Messgebiet. Anschließend fand in der dritten Woche die finale Analyse der gesammelten Daten statt.

Die Aufgabenfelder der einzelnen Arbeitspakete waren folgende:

1. Dreidimensionaler Referenzrahmen (WP 02)
2. Nivellement und trigonometrische Höhenübertragung (WP 03)
3. Erstellung eines 3D – Netzwerkes per Tachymeter (WP 04)
4. Gravimetrie (WP 05)
5. Kinematische Straßenvermessung (WP 06 & WP 07)
6. Präzises lokales Netzwerk und Punktverdichtung mittels RTK und Tachymeter (WP 08)
7. Terrestrische Photogrammetrie (WP 09)
8. Oberflächenerfassung mittels terrestrischen Laserscanners (WP 10)
9. 3D Objektrekonstruktion mittels UAV (WP 11)

1. Dreidimensionaler Referenzrahmen

Als Grundlage für alle anderen Arbeitspakete, war es die Aufgabe des Arbeitspaketes 2, ein Grundlagennetzwerk zu erstellen und die 7 Transformationsparameter für die Umrechnung zwischen globalen kartesischen Koordinaten (WGS 84) und den lokalen Gauß-Krüger-Koordinaten zu berechnen. Dafür standen sieben Festpunkte, mit bekannten Gauß-Krüger-Koordinaten, zur Verfügung. Die zugehörigen kartesischen Koordinaten wurden mittels der differentiellen GNSS-Messung ermittelt. Zudem wurden zwei Neupunkte im Steinbruch gesetzt, für die ebenfalls GNSS-Messungen durchgeführt wurde. Um eine hohe Genauigkeit der GNSS-Messung zu erhalten, wurde das Verfahren der differentiellen GNSS-Messung angewandt. Dazu standen für den Referenzpunkt zusätzlich globale Koordinaten des Baden-Württemberg Referenzsystems zur Verfügung, um die Koordinaten des Netzwerks in der Nachbearbeitung zu erhalten.



Übersichtsplan des Grundlagennetzwerks

Für die Durchführung musste zuerst ein Grundlagennetzwerk entworfen werden. Dabei sind Punkte, welche gleichmäßig über das Gebiet verteilt sind, zu wählen. Der Referenzpunkt ist besonders wichtig, da dieser in zwei Systemen vorliegt (lokale Gauß-Krüger-Koordinaten, globale Koordinaten des Baden-Württemberg Referenzsystems). Anschließend wurden für die Punkte Wegbeschreibungen und Abschattungsdiagramme erzeugt und schließlich ein Zeitplan für die Messungen aufgestellt, um die Sichtbarkeit von genügend Satelliten zu garantieren. Jede Messung sollte mindestens eine Stunde dauern. Mindestens drei Mal musste jeder Punkt mit unterschiedlichen GNSS-Geräten und verschiedenen Beobachtern besetzt werden, wobei insgesamt acht verschiedene Geräte zur Verfügung standen. Dadurch sollten Bedien- und Gerätefehler minimiert werden. Während der ersten Woche musste bis Mittwochabend eine erste Auswertung mit Leica GeoOffice vorgenommen werden, da verschiedene Arbeitspakete die Transformationsparameter benötigten. Die endgültige Auswertung erfolgte nach der zweiten Woche.

Das Ergebnis der ersten Woche basiert auf 64 Messungen von Montag bis Mittwoch von denen jedoch nur 47 Messungen in der Auswertung nutzbar waren ($\approx 73\%$). Nach der Netzwerkausgleichung ergeben sich die Transformationsparameter und Koordinaten in Gauß-Krüger für die Netzwerkpunkte. Ein Qualitätsmerkmal der Ausgleichung ist der F-Test. Für ein homogenes Netz liegt der Grenzwert für einen erfolgreichen F-Test bei 0,95. Unser F-Test ergab einen deutlich höheren Wert und ist somit nicht bestanden. Jedoch sind die erreichten Werte für die Koordinaten annehmbar, da die Genauigkeiten im Millimeter bis Zentimeterbereich liegen. Jedoch konnte ein Punkt nicht in der Ausgleichung berücksichtigt werden, da vermutlich Abschattung und Mehrwegeeffekte durch Bäume und eventuell geparkte Fahrzeuge große Probleme verursachte.

Die Standardabweichungen sind sehr groß. Der Grund dafür liegt in der kleinen Ausdehnung des Messgebiets im Vergleich zur Dimension der Erde, weshalb alle Parameter korreliert sind.

Diese Parameter wurden dazu verwendet um aus den ausgeglichenen kartesischen Koordinaten (WGS 84) die Gauß-Krüger-Koordinaten zu berechnen.

Während der zweiten Woche wurden ebenfalls statische GNSS Messungen durchgeführt, jedoch nutzten andere Arbeitspakete, wie die RTK Messungen, nur das Transformationsparameterpaket bzw. die abgesteckten Punktkoordinaten, der ersten Woche.

Während der zweiten Messwoche wurden 36 Messungen geplant. Davon war nur die Hälfte brauchbar. Dennoch wurde eine komplette Ausgleichung der ersten und zweiten Woche durchgeführt, in die jedoch nur 61 Messungen von 100 geplanten Messungen einfließen (61 %). Insgesamt ist das Ergebnis der gesamten Ausgleichung schlechter, als das der ersten Woche.

Mögliche Fehlerquellen, die die Messung verschlechtern haben, sind z. B. Bewegungen während der Messung und Missachtung des Zeitplans. Die fehlende praktische Erfahrung führte zu ungenau aufgebauten Instrumenten, insbesondere bei weichem Boden, aber auch falsch gemessene Antennenhöhen, schlecht geführten Feldbüchern und Bedienfehler des Empfängers.

Umgebungsbedingte Ungenauigkeiten entstehen zudem durch die Abschattung, die beispielsweise durch Bäume verursacht werden, den Punktuntergrund und Punktbeschädigungen. Diese genannten Fehler haben zur Folge, dass viele Messungen nicht benutzt werden können.

Außerdem gab es Probleme mit der Stromversorgung der Geräte, da keine, zu wenige, die falschen oder ungeladene Batterien mitgeführt wurden. Jedoch verursachte die Messung der Antennenhöhe die allermeisten Probleme. Prinzipiell gibt es hierfür ein Werkzeug, den Höhenhaken, dieser lag jedoch nicht jeder GNSS Antenne bei. In diesem Fall musste die Antennenhöhe mit einem Meterstab gemessen werden. Am Anfang herrschte jedoch große Verwirrung darüber, wie diese denn zu messen sei.

2. Nivellement und trigonometrische Höhenübertragung

Das dritte Arbeitspaket bekam die Aufgabe, ein Höhensystem innerhalb und außerhalb des Steinbruchs zu schaffen. Dazu wurden mittels Nivellement und Trigonometrischer Höhenübertragung Höhendifferenzen gemessen. Da in steilen Streckenstücken kein Nivellement möglich ist, wurde in Abschnitten zwischen Punkten innerhalb und außerhalb der Deponie die Trigonometrische Höhenmessung angewandt.

Im folgenden Bild ist die Schleife mit Festpunkt 1 und sechs weiteren Punkten, von denen die Höhe bestimmt wurde, zu sehen. Punkt 5 ist der einzige Punkt im Steinbruch.



Überblick über die Punkte und die gemessenen Höhendifferenzen

Bei der Messung war jede Gruppe für mindestens eine Höhendifferenzmessung zuständig. Um diese zu überprüfen, wurde zwischen zwei Punkten der Hin- und Rückweg nivelliert. Die Höhendifferenz der dadurch entstandenen Schleife sollte so möglichst gering sein. Es wurden bestimmte Messkonfigurationen, wie das Verfahren „Rote Hose“ und die Messungen aus der Mitte zwischen den Latten, angewandt, um systematische Fehler zu vermeiden.

Um auch für die Trigonometrische Höhenübertragung möglichst gute Werte zu erlangen, wurden die Messungen mehrmals wiederholt. Da die Genauigkeit einer Trigonometrischen Höhenübertragung geringer ist als die eines Nivellements, mussten die Messungen zwischen zwei Punkten gleichzeitig von beiden Seiten durchgeführt werden, da man so durch die Refraktion bedingte Fehler minimieren kann. Aus den Messungen wurde die Höhe der Punkte über eine Ausgleichung nach Gauss-Markov berechnet.

3. Erstellung eines 3D – Netzwerkes per Tachymeter

Das Ziel dieses Arbeitspakets war die Erstellung eines dreidimensionalen Netzwerkes mit Hilfe von Punkten, die sich im Areal des Steinbruchs befinden. Die Durchführung erfolgte anhand eines Tachymeters und dessen Beobachtungen in Form von Horizontalrichtung, Vertikalwinkel und Schrägdistanz. Um die durch polares Anhängen und anschließende Ausgleichung erhaltenen lokalen Koordinaten in das übergeordnete Gauß-Krüger-System transformieren zu können, werden zwei Anschlusspunkte in Form von GNSS-Punkten benötigt. Die Bereitstellung dieser GNSS-Punkte war eine der Aufgaben des Arbeitspakets 2. Die berechneten Gauß-Krüger-Koordinaten fanden in den Arbeitspaketen 9, 10 und 11 Verwendung.

Das 3D-Netzwerk besteht aus 6 Punkten (F1, F2, F3, F4, Q1 und Q2). Die Abbildung zeigt den Standpunkt jedes Punktes. Bei der Markierung ist auf festen Untergrund für ein langes Bestehen zu achten, was aufgrund der ständigen Erdbewegungen in Form von Steinaufschüttungen durch LKWs keine einfache Aufgabe darstellte. Außerdem kam es Anfang der zweiten Woche zu heftigen Regenfällen, die den Steinbruch unter Wasser setzen und deshalb keine Messungen an diesem Tag möglich waren. Die Punkte Q1 und Q2 zeigen die GNSS Kontrollpunkte.



Standpunkt der Netzwerkpunkte

Geplant war die Messung mit dem Tachymeter Leica TCR 407. Anhand analoger Feldbuchführung sollte die Genauigkeit der Beobachtungen direkt im Feld kontrolliert werden. Wegen unkorrekter Feldbuchführung und des enormen Zeitaufwands, der sich durch das Anvisieren jedes Punktes in drei Vollsätzen ergibt, wurde in anderen Messungen ein Robot-Tachymeter benutzt. Mit dem Leica TS30 konnten aufgrund der automatischen Satzmessung Fehler in der Beobachtung der Punkte vermieden wie auch Zeit gespart werden. Letztlich wurden für die Auswertung deshalb nur Datensätze bearbeitet, die mit dem Robot-Tachymeter TS30 aufgenommen wurden.

Für die Messung war es nötig, auf jedem der sechs Punkte ein Stativ horizontalisiert und zentriert aufzustellen. Hiervon werden in drei Vollsätzen alle Punkte aufgenommen zu denen Sichtkontakt besteht. Durch Zwangszentrierung kann der Standort des Tachymeters gewechselt werden, ohne dass sich die Lage der Punkte bzw. der Gerätestandpunkte verändert.

Für die Nachbearbeitung wurden in einem ersten Schritt aus den aufgenommenen Polarkoordinaten durch polares Anhängen kartesische Koordinaten berechnet. Um die kartesischen lokalen Koordinaten auszugleichen, wurde die Software Panda verwendet. Hierfür werden die vom Tachymeter in *.txt - Dateien abgespeicherten Beobachtungen in *.gdt - Dateien überführt und anschließend mit den Näherungskoodinaten in die Software Panda importiert. Als Produkt erhält man die ausgeglichenen lokalen Koordinaten. Durch eine Helmert-Transformation in Matlab können mit Hilfe der GNSS-Punkte Q1 und Q2 globale Koordinaten in Form von Gauß-Krüger-

Koordinaten berechnet werden. Insgesamt konnten lediglich die Beobachtungen von zwei Messgruppen ausgewertet werden.

Der Vergleich zwischen RTK-Messung und der 3D-Netzwerk-Messung spiegelt die Genauigkeit der Messungen wieder. Die größte Abweichung liegt hier bei 2,63 cm und ist eine vertretbare Größe.

4. Gravimetrie

Gravimetrie bezeichnet eine Anzahl von Messmethoden, die sich auf das Erdschwerefeld beziehen. Diese Art von Messung ist besonders interessant, da das Gravitationsfeld der Erde nicht konstant ist. Damit können beispielsweise verschiedene Gesteinsarten, oder ungleich verteilte Massen im Untergrund der Erde festgestellt werden.

Für die Geodäsie ist es besonders wichtig, zu wissen, wie sich die lokalen Gravitationsunterschiede verhalten. Die Erde ist, wie Galileo festgestellt hat, eine Kugel, allerdings keine perfekte. Unser Planet unterliegt nicht nur einer Abplattung an den Polen, sondern auch der Gravitation der Gesteinsmassen. Durch diese verschiedenen Anziehungen formt sich die Erde eher zu einer Kartoffel, als zu einer Kugel. In der Geodäsie wird diese Kartoffel Geoid genannt. Alle Höhenmessungen beziehen sich nicht auf eine Kugel, sondern auf dieses Geoid, was schnell erkennen lässt, warum die Gravimetrie so wichtig ist. Ohne sie wäre es unmöglich, das lokale Gravitationsfeld und damit das „echte“ Bezugssystem als Referenz für die Messung zu verwenden. Selbst wenn man ein Bild in der Wohnung gerade hängen möchte und eine Wasserwaage verwendet ist das Bezugssystem der Libelle das Geoid.

Die Gravitation wurde innerhalb der Deponie gemessen. In erster Linie geschah dies, um eine erste Referenzmessung für zukünftige Feldprojekte zu liefern. Die Schwere wurde mit Hilfe eines Gravimeters im Raster gemessen. Die Koordinaten der Gravimeterpunkte wurden mit einem Tachymeter bestimmt. Ziel war es, die Deponie möglichst großflächig zu erfassen. Dies stellte sich jedoch aufgrund des laufenden Betriebs als schwierig heraus.

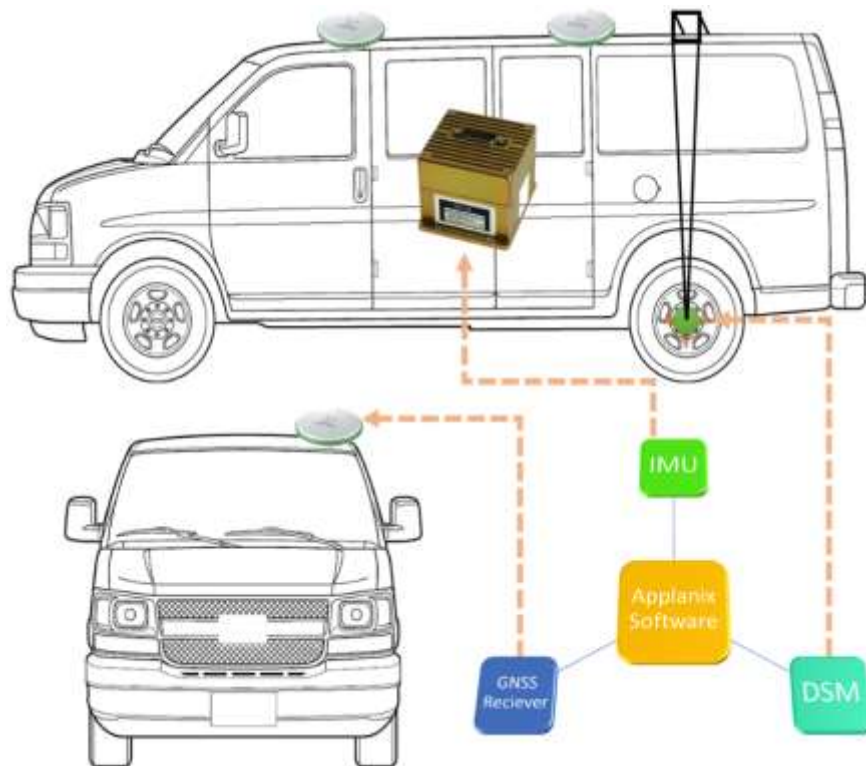
Bei der Nachbearbeitung wurde, neben den finalen Schwerewerten, die Bouguer-Anomalie berechnet. Sie ist eine Gravitationsanomalie, welche notwendig ist, um die Schweremessungen auf ein Referenzniveau zu bringen. Außerdem werden dadurch lokale Dichteunterschiede im Gestein sichtbar. Das kann z.B. bei der Suche nach unterirdischen Höhlensystemen sehr hilfreich sein.

5. Kinematische Straßenvermessung

Die Kinematische Straßenvermessung dient zur Ermittlung der Straßenhöhen innerhalb des Projektgebietes Eningen unter Achalm.

Als Messsystem wurde eine Kombination aus Inertialnavigationssystem und GNSS-Antennen verwendet. Das Messsystem setzt sich aus folgenden Sensoren zusammen:

- Inertialsensor (Inertial Measuring Unit - IMU)
- Streckenmesser (Distance Measuring Indicator - DMI)
- zwei GNSS-Antennen

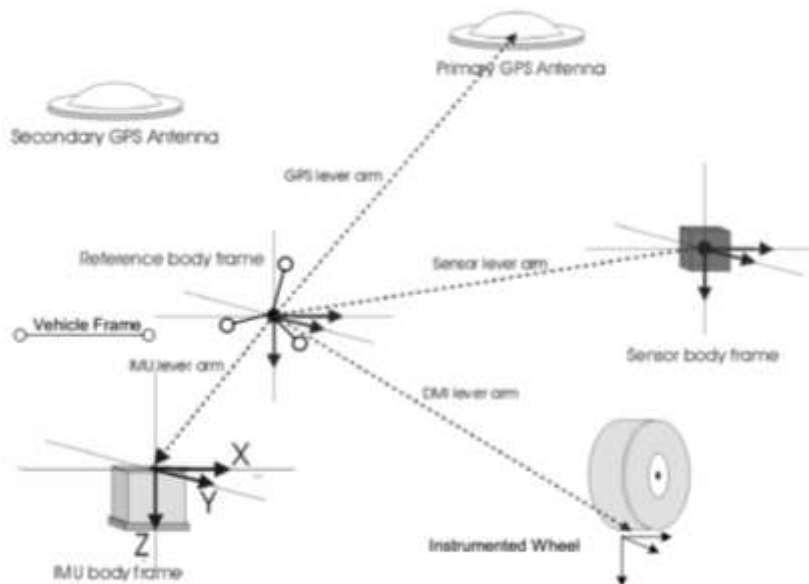


Anordnung der Sensoren

Die Mehrfach-Erfassung durch verschiedene Sensoren gewährleistet eine erhöhte Genauigkeit und Zuverlässigkeit. Sollte einer der Sensoren wider Erwarten ausfallen, so kann dieser Ausfall durch andere Sensoren aufgefangen werden. Zu erwartende Genauigkeiten bewegen sich im Bereich von 5-10 m. Um die Genauigkeit auf wenige Zentimeter zu verbessern, wird eine Referenzstation zur Anwendung von differenziellem GNSS aufgebaut.

Während der Fahrt werden Messdaten von den einzelnen Sensoren erfasst und von der Applanix-Software kombiniert.

Da die einzelnen Messungen in verschiedenen Koordinatensystemen stattfinden, müssen die Koordinaten via Hebelarme in ein einheitliches Koordinatensystem transformiert werden.



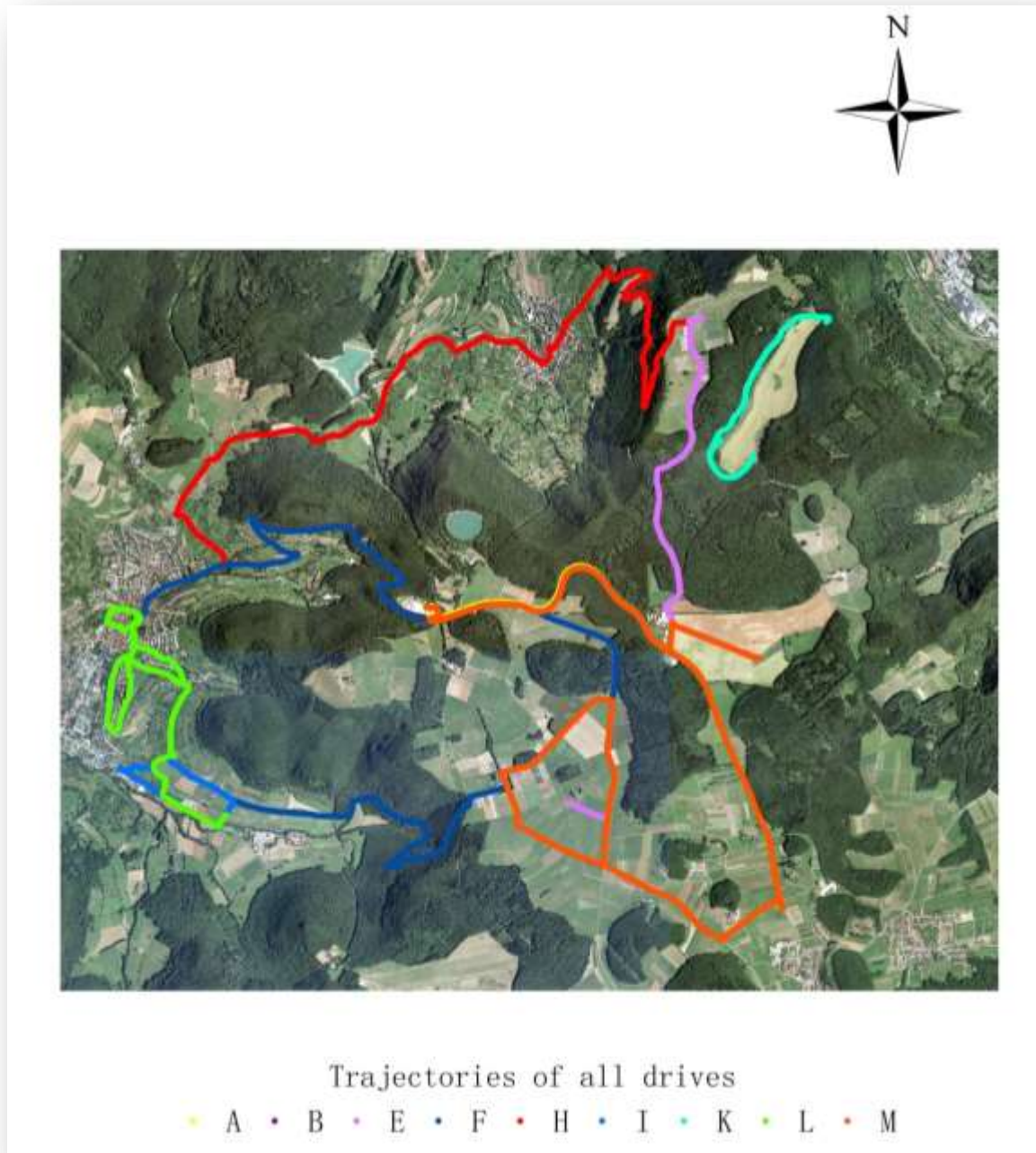
Hebelarme (lever arms) des Navigationssystems

Mit diesen Hebelarmen wurde in das DMI-Koordinatensystem transformiert, welches für diese Aufgabenstellung am sinnvollsten ist, da wir an der Straßenhöhe interessiert sind.

Die erfassten Daten werden nach der Erfassung von Arbeitspaket 6 unter Zuhilfenahme der Software POSpac prozessiert und als ASCII-File exportiert (=Postprocessing der Rohdaten). Das Ergebnis der Prozessierung sind die Bewegungsbahnen der Messfahrten in WGS84-Koordinaten.

Dieses ASCII-File ist die Grundlage für die anschließende Transformation von WGS84- nach GK-Koordinaten. Die Transformation ist für den abschließenden Vergleich zwischen berechneten Trajektorien-Koordinaten und den zur Verfügung stehenden Digitalen Gelände- oder Digitalen

Oberflächenmodellen (DGM oder DOM) erforderlich, da sich diese Modelle auf GK-Koordinaten beziehen. Als Geländemodell stand ein Digitales Geländemodell (DGM) aus LiDAR-Messungen von 2002 zur Verfügung. Ebenso findet das Digitale Oberflächenmodell (DOM) vom LGL Baden-Württemberg von 2011 Verwendung.



Fahrtrouten der einzelnen Messgruppen

6. Präzises lokales Netzwerk und Punktverdichtung mittels RTK und Tachymeter

Die Aufgabe dieser Arbeitsgruppe bestand darin, einige Neupunkte innerhalb des Steinbruchs zu vermarken und einzumessen. Diese Neupunkte können dann von anderen Arbeitsgruppen genutzt werden um ihre Projekte im Gauß-Krüger-Koordinatensystem zu georeferenzieren. Dabei wird mittels der GNSS-Lösung "Real-Time-Kinematic"-Verfahren (RTK) gemessen. Wo diese nicht möglich war, wurde ganz klassisch ein Tachymeter verwendet.

Für das RTK-Verfahren werden zwei GNSS-Antennen benötigt. Eine der beiden wird dabei statisch auf einem bekannten Festpunkt aufgebaut. Mit ihr werden Differenzen zwischen dem bekannten und dem gemessenen Punkt berechnet und Korrekturdaten an den Rover gesendet, sie dient somit als Referenzstation. Die andere Antenne wird an einem Lotstab befestigt, welcher nun auf dem gewünschten Festpunkt aufgehalten werden kann, dort wird er mittels Drahtstativ fixiert. Anschließend können innerhalb von einigen wenigen Sekunden die präzisen Koordinaten des Punktes gemessen werden. Die mobile Antenne hält dabei immer Funkkontakt zur Referenzstation und kann somit die Mehrdeutigkeit die normalerweise bei GNSS-Messungen auftreten lösen um deutlich präzisere Ergebnisse zu liefern. Die Standardabweichung der Koordinaten, die hierbei als Ziel gesetzt wurde beträgt 1-3 cm. Da die Transformationsparameter, die nötig sind um Gauß-Krüger-Koordinaten zu erhalten bereits im Gerät eingespeichert sind, bedarf diese Methode auch keinerlei nachträgliche Berechnung.



RTK-Messung mit zwei mobilen Antennen

Der Einsatz des Tachymeters war in diesem Projekt nur nötig, wenn aufgrund der hohen Wände oder des Baumbewuchses kein oder nur schlechter Kontakt zu GNSS-Satelliten besteht, da dann die RTK-Lösung sehr unpräzise wird.

Hierfür wird das Tachymeter an einem beliebigen Punkt im Steinbruch aufgebaut, von dem aus man jedoch mindestens zwei bekannte Festpunkte anzielen kann, um die sogenannte Freie Stationierung durchzuführen. Sie erlaubt es, die Koordinaten dieses frei gewählten Punktes rechnerisch zu bestimmen, von wo aus dann auf einfachste Weise die Neupunkte angezielt und deren Koordinaten ebenfalls berechnet werden konnten. Dabei werden nur Strecken und Winkel zu den jeweiligen Neupunkten benötigt. Mittels Dreiecksberechnungen lassen sich dann letztendlich die Koordinaten der Neupunkte bestimmen. Die Vorgabe für die Standardabweichung hierbei war ebenfalls 1-3 cm.

Am ersten Messtag, existierten leider die Transformationsparameter für das RTK-Verfahren noch nicht, da die Messungen der statischen GNSS-Messung noch nicht vollständig abgeschlossen waren. An diesem Tag mussten jedoch ohnehin zunächst die zu vermessenden Neupunkte gewählt und vermarktet werden. Dies geschah in Zusammenarbeit mit den Arbeitspaketen für terrestrische Photogrammetrie, Laserscanning und Luftbildphotogrammetrie, da diese Arbeitspakete die Neupunkte verwenden wollten, um ihre Projekte im Gauß-Krüger-System verankern zu können. Hierbei wurden sieben Punkte innerhalb der Erddeponie und vier weitere, die ebenfalls von der Arbeitsgruppe für das 3D-Netzwerk genutzt wurden, gesetzt. Anschließend kam dann aufgrund des noch nicht nutzbaren RTK-Systems das Tachymeter zum Einsatz.

An den darauf folgenden Tagen waren die Transformationsparameter dann bereitgestellt worden, sodass mittels RTK gemessen werden konnte.

Allerdings ging bereits am zweiten Tag einer der vermarkten Punkte verloren. Die genaue Ursache ist unbekannt, vermutlich war die Ursache jedoch ein LKW, welcher Gesteinsmaterial darauf abgeladen hatte. Infolge dessen taucht dieser verschwundene Punkt mit dem Namen "P7" in keiner RTK-Messung mehr auf, lediglich in der Tachymetermessung ist er enthalten.

In der zweiten Woche des Praktikums wurden einige weitere Punkte neu vermarktet und es wurde ebenfalls ausschließlich mittels RTK-Messung eingemessen.

Die Auswertung der Datensätze beschränkte sich im Großen und Ganzen darauf, fehlerhafte oder zu ungenaue RTK-Messungen auszuschließen und falsch benannte Messung korrekt zuzuordnen.

Die Tachymeterdaten wurden letztendlich nicht von den anderen Arbeitspaketen verwendet und dienen nun lediglich als Vergleich. Sie stimmen jedoch mit den RTK-Werten überein. Da die Tachymetermessungen am ersten Tag durchgeführt wurden, enthalten sie noch den verlorenen Punkt "P7", worüber wir sehr froh waren.

Die Standardabweichungen konnten für alle Koordinaten eingehalten werden, was sehr zufriedenstellend ist.

Im Folgenden befindet sich ein Ausschnitt aus "Google-Earth" mit allen, durch dieses Arbeitspaket eingemessenen, Punkten (ausgenommen "P7").



Ausschnitt aus Google Earth mit den markierten Neupunkten

7. Terrestrische Photogrammetrie

In WP 9 war unsere Aufgabe, Teile des Steinbruchs mit terrestrischer Photogrammetrie zu rekonstruieren. Daher haben wir 3 Projekte erstellt. Bei den Projekten haben wir unterschiedliche Arten der Kamerakalibration angewandt:

1. Kalibrierung mit Matlab und Schachbrett
2. Kalibrierung mit Photoscan und kodierten Zielen

Danach haben wir die Rekonstruktion mit Hilfe von Photoscan durchgeführt. In Photoscan haben wir auch die Georeferenzierung eingebaut, die wir in dem Steinbruch mit der Freien Stationierung gemessen haben.

Dies ermöglichte es uns, die verschiedenen Punktwolken der Arbeitsgruppen mit Cloud Compare zu vergleichen.

Im ersten Schritt der Messung machten wir, für die Kalibrierung, Bilder von den 2 verschiedenen Arten von Zielen, den Kodierten und dem Schachbrett.

Es wurde eine Freie Stationierung für die Georeferenzierung durchgeführt. Zur Sicherheit haben wir 4 Festpunkte gemessen, um uns frei stationieren zu können. Anschließend haben wir 10 Ziele an der Wand gemessen und 2 markante Naturpunkte.

Die Objekte wurden anschließend im Portrait- und Landschaftsmodus aufgenommen, es wurde dabei immer darauf geachtet eine 80 %ige Überlappung sicher zu stellen.

Modell Nr.1: Die Wand

Die Berechnung mit Photoscan wurde in 4 Schritten durchgeführt:

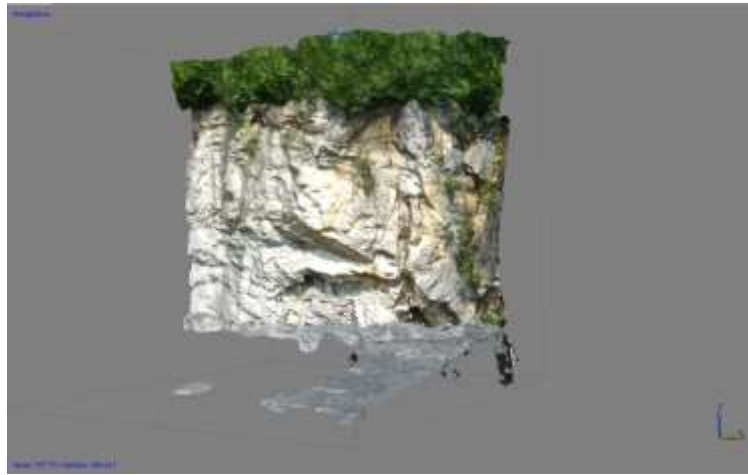
- Erstellung der ausgedünnten Punktwolke



- Erstellung der dichten Punktwolke



- Erstellung des vermaschten Modells mit Benutzung der Punktwolke











Von dem vermaschten Modell konnte nur ein kleiner Teil erstellt werden, da die Berechnung zu lange gebraucht hätte und nicht genügend Bilder von dem Rest der Wand gemacht wurden.

- Texturiertes Modell

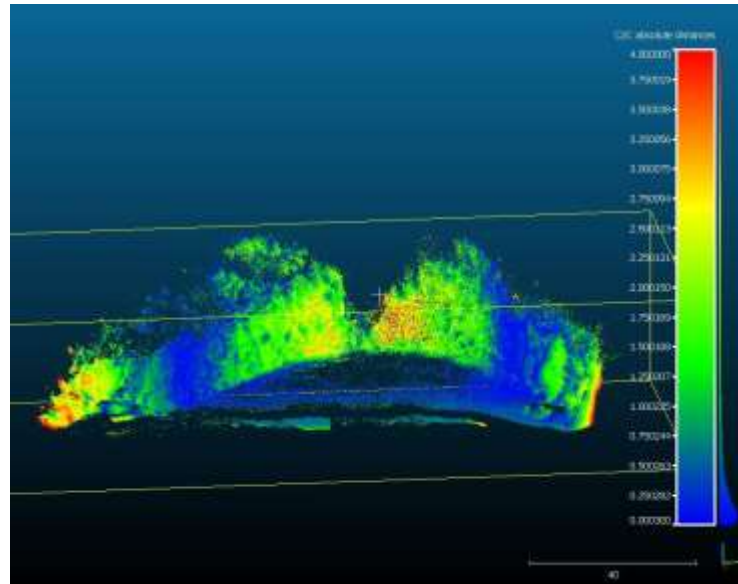


Hier einige Vergleichsbilder der zwei letzten Arbeitsschritte.

Vermascht	Texturiert
	
	
	
	

Die Bilder zeigen ein tolles Ergebnis, auch die 3D - Berechnung hat sehr gut funktioniert.

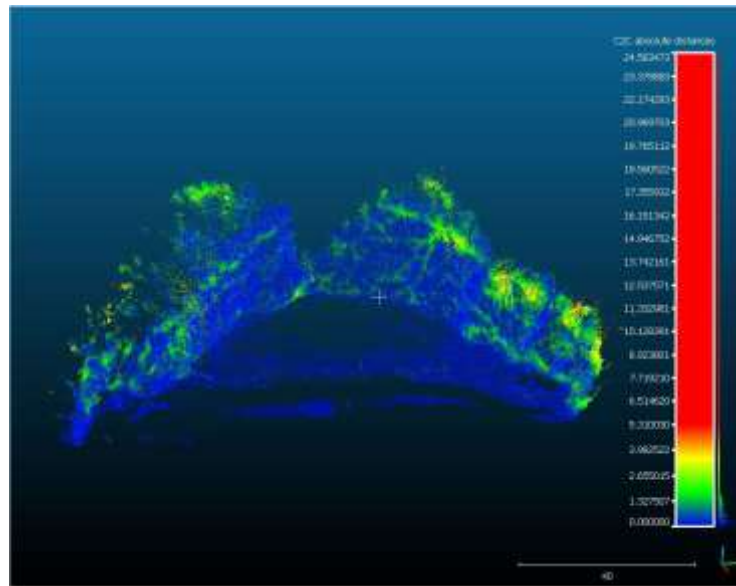
Die Kalibrierung mittels Schachbrett, wurde mit der mit der Kalibrierung mit kodierten Zielen verglichen. Dieser Vergleich wurde in Cloud Compare durchgeführt. Das Ergebnis ist durchaus akzeptabel.



Außerdem haben wir die Punktwolke mit der Punktwolke der Luftbilder verglichen:

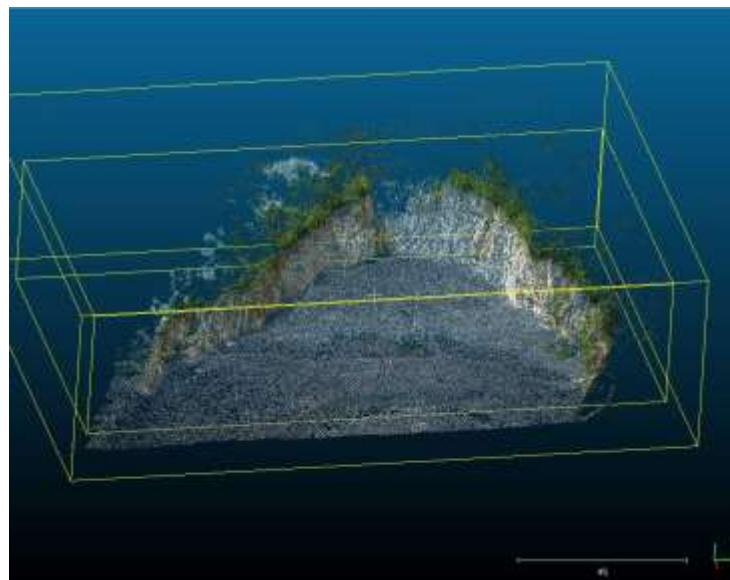


Die gute Übereinstimmung zeigt dass die Georeferenzierung gut funktioniert hat.



Das Bild oben zeigt den Vergleich der Laserscan-Punktwolke mit der Photogrammetrie-Punktwolke. Hier wurden sehr gute Ergebnisse erzielt.

Im folgenden Bild wird die Punktwolke in Farbe dargestellt.



8. Oberflächenerfassung mittels terrestrischen Laserscanners

Das Ziel dieses Arbeitspakets besteht darin, einige Objekte innerhalb der Erddeponie mittels Laserscanner in einer dreidimensionalen Punktwolke zu rekonstruieren und darzustellen. Dabei sollte als primäres Objekt die sogenannte „Schauwand“, nahe der Einfahrt in den ehemaligen Steinbruch, dienen. Dank der Vorarbeit von Arbeitsgruppe 8 können diese Punktwolken dann auch in ein globales Koordinatensystem eingebettet werden. Außerdem können die verschiedenen Punktwolken aus den Arbeitsgruppen 9, 10 und 11 miteinander verglichen werden, da einige Objekte von allen drei Gruppen aufgenommen wurden.

In diesem Projekt wurde der Leica P20 Laserscanner verwendet. Das Gerät wird dabei an mehreren Standpunkten am Objekt aufgebaut und erzeugt dann eine Punktwolke um sich herum. Die Funktionsweise ist denkbar simpel: Der Laserscanner dreht sich selbst langsam um 360° in der Horizontalen, die Laseroptik gleichzeitig um 360° in der Vertikalen, die beiden Drehachsen stehen also rechtwinklig aufeinander. So werden Laserpulse in alle Richtungen losgeschickt und wieder empfangen. Die verstrichene Zeit zwischen aussenden und empfangen zusammen mit der wohlbekannten Lichtgeschwindigkeit ergibt die zurückgelegte Distanz zum gesuchten Punkt. Zusammen mit den Winkeln der beiden Drehachsen lässt sich nun auf die Position des Punktes im Raum schließen. Dieses Prinzip wird bis zu 1 Million Mal pro Sekunde durchlaufen, um so eine dichte Punktwolke zu erzeugen.

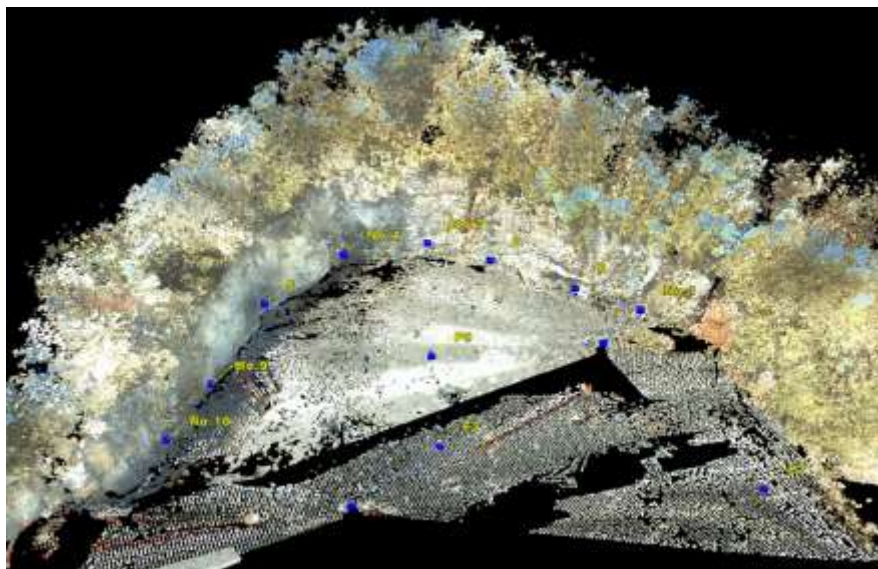


Laserscanner mit Beschattung

Um diese Punktwolke dann noch zu georeferenzieren, müssen einige Punkte vom Laserscanner erfasst werden, die als Fixpunkte im globalen Koordinatensystem bekannt sind. Diese wurden von Arbeitsgruppe 8 geliefert.

Die Arbeit in der ersten Woche lief etwas chaotisch ab, da die „Schauwand“ nur sehr schwerlich zugänglich ist. Dadurch konnten keine Fixpunkte von Arbeitsgruppe 8 aufgenommen werden. Nach einigen Telefonaten und Diskussionen kamen wir zu dem Schluss, eine andere Felswand weiter innerhalb der Erddeponie aufzunehmen. Erschwert wurden die Arbeiten allerdings dennoch auch hier, denn die Höhe der nahezu senkrechten Wand machte es unmöglich, am oberen Ende Fixpunkte zu markieren, sodass nur im unteren Teil Fixpunkte angebracht werden konnten, was eigentlich eine schlechte Konfiguration aufweist. Außerdem wurden drei Kugelziele aufgestellt, die ebenfalls als Fixpunkte dienen sollten, die aber nicht auf ihren Stativen fixiert waren. Da es zu diesem Zeitpunkt sehr heiß wurde, war das durchaus problematisch und musste dann anschließend in der Auswertung mit berücksichtigt werden. Um höhere Genauigkeiten zu erzielen, war eigentlich geplant, das Objekt aus 3 Standpunkten aus aufzunehmen. Aus Zeitgründen wurde allerdings dann auf einen Standpunkt verzichtet.

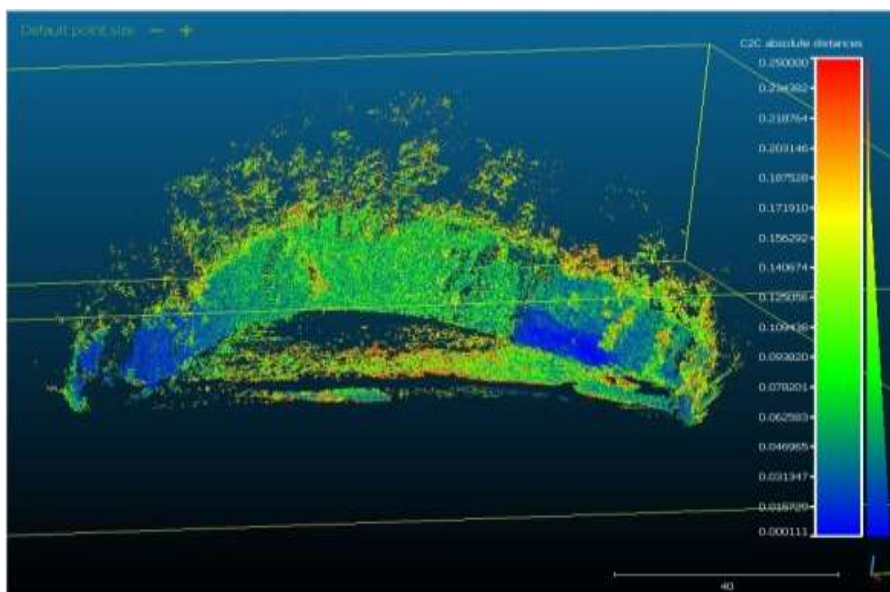
Die Genauigkeiten der Messungen sind grundsätzlich zufriedenstellend, mit Ausnahme der georeferenzierten Variante aus Woche 2. Die Ursache liegt hier darin, dass nur 3 Fixpunkte zur Georeferenzierung genutzt wurden, was offensichtlich zu wenig waren.



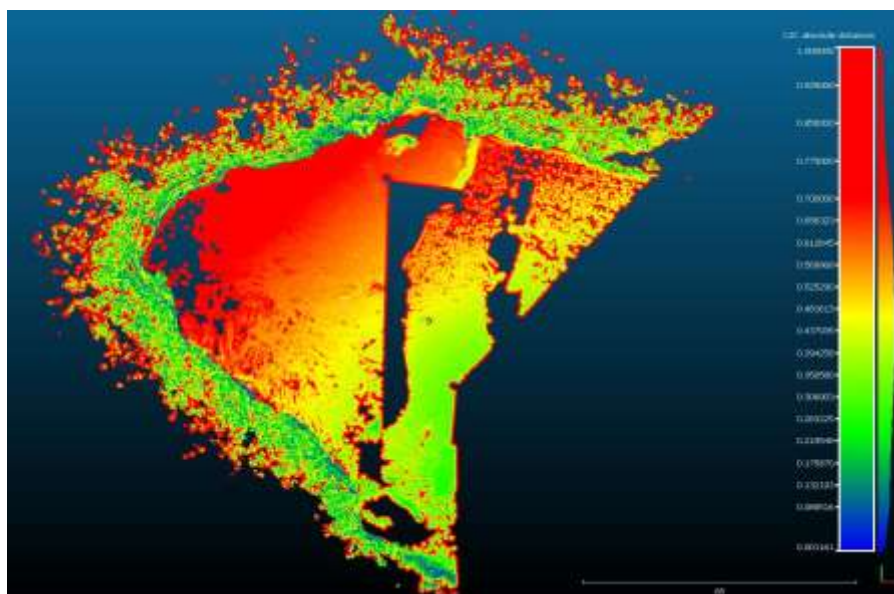
Punktwolke mit Bildtexturen

Die Punktwolke, die hier zu sehen ist, ist sehr dicht und hoch aufgelöst, sodass sie präzises weiterverarbeiten zulässt.

Im Folgenden einige Vergleiche mit den Arbeitsgruppen 9 und 11:



Vergleich mit Gruppe 9, maximale Abweichung: 0,25 mm



Vergleich mit Gruppe 11, maximale Abweichung (1 m)

Man kann sehen, dass die Punktwolken, die aus Bildern einer Kamera auf einem Stativ erzeugt werden, gut mit denen eines Laserscanners vergleichbar sind. Die hohe Abweichung mit den Punktwolken aus den Luftbildern, resultiert vermutlich daher, dass diese senkrecht von oben aufgenommen wurden und daher der Blickwinkel zu stark vom Blickwinkel des Laserscanners abweicht.

Alles in allem sind wir sehr zufrieden mit den Erkenntnissen und den Ergebnissen, die wir aus diesem Projekt gewonnen haben und freuen uns teilgenommen haben zu dürfen.

9. 3D Objektrekonstruktion mittels UAV

Die Aufgabe dieses Work Packages bestand in der Planung, Durchführung und der Auswertung eines UAS - Fluges (Unmanned Airborne System) für das Integrierte Praktikum in Eningen unter Achalm bei Reutlingen. Das Zielgebiet war die Deponie Renkenberg, in der die Veränderungen der letzten 12 Jahre dargestellt werden sollten.

Dazu wurde im Vorfeld eine Flugplanung für die UAS-Befliegung erstellt. Um die beste Lösung zu finden, wurden verschiedene Konfigurationen (unterschiedliche Auflösungen und Flughöhen) ausprobiert und die für den vorliegenden Fall beste ausgewählt. Auch der Umgang mit den Auswertungsprogrammen Agisoft Photoscan und ArcGIS wurden anhand einiger Beispielbilder durchgeführt.



Im Praktikum selbst wurde ein Oktocopter genutzt.



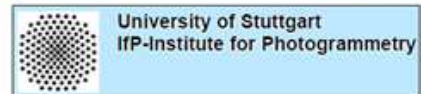
Die geplanten Flugstreifen wurden bei sonnigem und windarmen Wetter in drei Teilen abgeflogen. Zwischenlandungen waren nötig, da der Akku nur eine relativ geringe Laufzeit hat. In der nachfolgende Visualisierung der Flugstreifen sind deshalb drei verschieden farbige Streifen zu erkennen. Auch ist zu erkennen, dass diese sehr nahe beieinander sind, um eine entsprechend hohe Überdeckung für eine anschließend problemlose Auswertung zu gewährleisten.

Orthophoto derived from UAV imagery
-Points and flight trajectories-



Legend	
	Flight trajectory 3
	Flight trajectory 2

0 25 50 100 150 Meters



Der Octocopter hat außerdem eine Kamera an einer der Landekufen, um nicht nur photogrammetrisch auswertbare Bilder zu erhalten, sondern auch Bilder und einen Film, um den Flug später nochmals analysieren zu können und gegenfalls Anpassungen für eine verbesserte Flugdynamik vornehmen zu können.



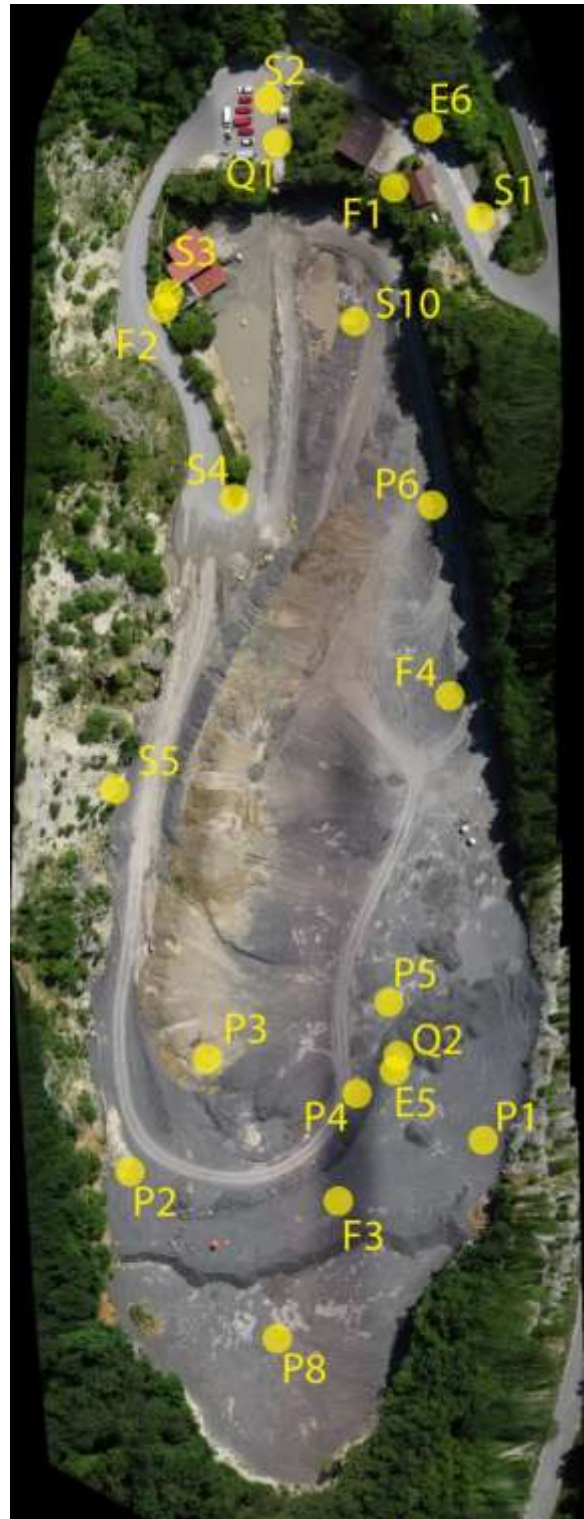
Bild der Kufenkamera mit Ausblick auf den Steinbruch.

In Stuttgart wurden die gesammelten Daten ausgewertet. Die Bilder des UAS-Fluges mussten sortiert werden, um die Datenmenge und die Processing-Zeit zu verkürzen. Mit den Bildern wurden aus den zwei Überflügen der Praktikumswochen Punktwolken erstellt. Diese wurden miteinander und mit älterem Material, einem digitalen Geländemodell (2002) und einem Oberflächenmodell (2011), verglichen.

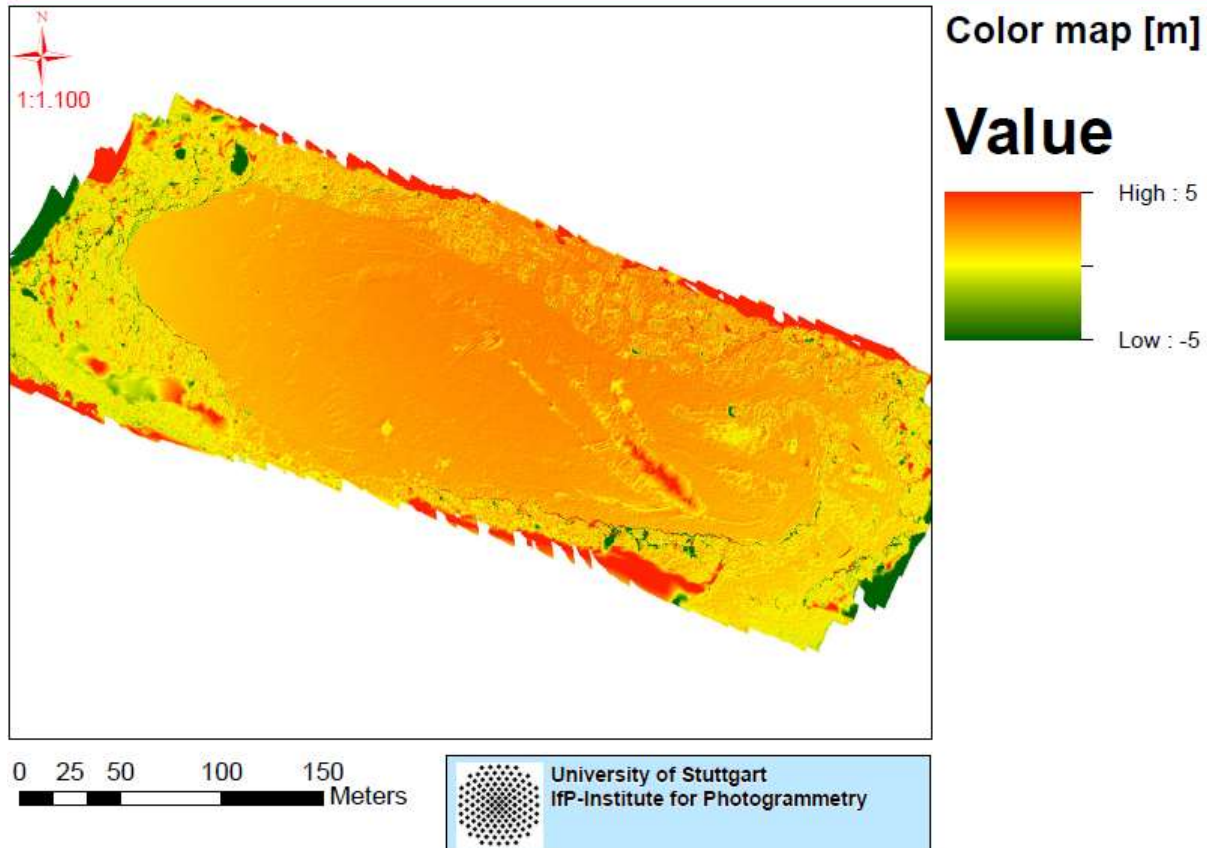
Auch konnte aus dem Bildmaterial der ersten Woche ein Orthophoto mit den vermarkten Punkten bereitgestellt werden.

Die Vergleiche der Datensätze konnten in ArcGIS durchgeführt und visualisiert werden.

Man kann erkennen, dass sich auch in dem kurzen Zeitintervall von nur einer Woche eine merkliche Veränderung vollzogen hat. Besonders auffällig ist der Hügel in der rechten Hälfte des Steinbruchs. An dieser Stelle wurde in der Woche zwischen den beiden Überflügen neues Material abgeladen.



Difference: DSM_Photoscan_W2 (2014) - DSM_Photoscan_W1(2014)



In diesem Projekt konnte eindrucksvoll gezeigt werden, dass auch mit einer kostengünstigen Alternative zu teuren Bildflügen vor allem für kleine Gebiete gute Ergebnisse erzielt werden können. Die Nutzung von UAS ist auch sinnvoll, wenn für relativ geringe Zeitintervalle Bilddaten gebraucht werden, um eine schnellere Entwicklung zu beobachten oder wenn eine dichtere Zeitreihe erstellt werden soll.

Das Integrierte Praktikum war ein wertvoller und wichtiger Beitrag zu unserem Studium. Es ermöglichte uns praktische Erfahrung zu sammeln, sowohl in Planung, als auch in Durchführung von Messungen und förderte Zusammenarbeit in der Gruppe und Kommunikation zwischen Studenten aus unterschiedlichen Nationen.

Wir bedanken uns beim Verein Freunde des Studienganges Geodäsie und Geoinformatik für die finanzielle Unterstützung, die ein solches Projekt möglich macht.