

Bachelorarbeit

Überprüfung des Standard-Troposphärenmodells im SAPOS- Postprocessing-Dienst GPPS-Pro Bayern

angefertigt von:

Christoph Olschewski

Studiengang: Geoinformatik und Satellitenpositionierung

Betreuer: Prof. Dr. Wolfgang Hübner

Die Arbeit wurde angefertigt in Zusammenarbeit mit:

Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung, Bayern

Betreuer: Herr Andreas Brünner

Wintersemester: 2015/2016

Abgabetermin: 07. April 2016

Inhaltsübersicht

1	Einleitung	1
1.1	Motivation	1
1.2	Troposphärenmodell	2
1.3	Aufgabenstellung	3
2	SAPOS Bayern	4
2.1	Aufbau	4
2.2	Positionierungsdienste	5
2.3	Testmessungen Garmisch	7
3	Verwendete Messdaten	8
3.1	Roverdaten	8
3.2	Equipment	9
3.3	gemessene Punkte	11
3.4	Korrekturdaten	12
4	Auswertung	13
4.1	Software und Tools	14
4.2	Vorgehensweise	15
4.3	Erwartung an die Analyse	17
5	Analyse der Ergebnisse	18
5.1	Verwendete Formeln und Verfahrensweisen	19
5.2	Vorgebirge	24
5.3	Hügelland	33
5.4	Flachland	43
5.5	Alle Punkte	52

5.6	Vergleich der Analysen	66
5.7	Tabelle der t-Verteilung	73
6	Zusammenfassung	74
6.1	Fazit	74
6.2	Ausblick	75
6.3	Danksagung	76
7	Literatur- und Internetquellenverzeichnis	77
8	Anhang	79
8.1	Abbildungsverzeichnis.....	79
8.2	Tabellenverzeichnis	80
8.3	Diagrammverzeichnis	81
8.4	verwendete Software	81
8.5	Abkürzungsverzeichnis	82
8.6	Inhaltsübersicht der DVD	84
9	Eidesstattliche Erklärung	85

1 Einleitung

1.1 Motivation

Seit 1958, mit Transit¹, das erste GNSS System, durch das US-Verteidigungsministerium, entwickelt wurde, hat sich einiges, in dem Bereich der Satellitenpositionierung, getan. Durch fortwährende Innovationen und Erkenntnisse, in der Satellitenpositionierung, werden deren Technologien und Anwendungsbereiche fortlaufend weiterentwickelt. Derzeit besitzt jede größere Nation ein eigenes Navigationssatellitensystem, die bekanntesten sind das NAVSTAR GPS² (meist nur unter GPS bekannt) der USA, GLONASS aus Russland, das Chinesische Beidou und das im Aufbau befindliche Galileo, aus Europa. Dadurch ist eine nahezu weltweite Abdeckung durch Navigationssatelliten gegeben. Die Position kann jederzeit, mit Hilfe eines Empfängers und des Signals von mindestens vier Satelliten bestimmt werden. Die Bekanntgabe der zivilen Nutzung von GPS-Daten³, von Reagan, im Jahr 1983 und letztendlich die komplette Freischaltung, ohne künstliche Verschlechterung des Signales, im Jahr 2000, brachten der Navigation einen Boom. Heute sind gute Satellitenempfänger bereits für relativ geringe Preise erhältlich. So trägt fast jeder Mensch einen Satellitenempfänger bei sich, ein Smartphone und auch in anderen Bereichen, wie Logistik, Fotografie oder im Sport ist die Satellitennavigation im alltäglichen Gebrauch. Für die meisten Anwendungen, in der Satellitennavigation, ist eine Genauigkeit von wenigen Metern, die durch reine GNSS-Systeme gewährleistet wird, ausreichend. Für Genauigkeiten, im Bereich der Vermessung, in denen jeder Zentimeter zählt, ist diese allerdings nicht genau genug. Deshalb werden, von verschiedenen Anbietern, Korrekturdaten zur Verfügung gestellt, die somit Zentimetergenauigkeit in der Positionsbestimmung, über Satelliten, gewährleisten können.

¹ <http://media2mult.uni-osnabrueck.de/pmwiki/fields/wp13/index.php?n=Navigation.DieGeschichteVonGPS>

² https://de.wikipedia.org/wiki/Globales_Navigationssatellitensystem

³ http://www.bg-special.com/download/BGS_16-21.pdf

Durch die Notwendigkeit einer direkten Verbindung, zu den Satelliten, ergibt sich ein großer Nachteil. In Bereichen mit großer Abschattung, wie im Wald, in Häuserschluchten oder in Talkesseln, ist eine Positionsbestimmung über Satellit meist gar nicht oder nur mit niedriger Genauigkeit möglich. Die GNSS- Messung ist wirtschaftlich und aufwandstechnisch der terrestrischen Messung vorzuziehen, allerdings ist die Genauigkeit in der Satellitenpositionierung noch ausbaubar.

Eine Steigerung der Genauigkeit von GNSS-Systemen ist, unter anderem, durch Verbesserung der verschiedenen atmosphärischen Modelle, für die Berechnung der Positionsdaten, möglich.

1.2 Standard-Troposphärenmodell

In der Berechnung der Roverposition aus GNSS-Daten wird aus den aufgezeichneten Messungen des Rovers und den zeitgleich aufgenommenen Korrekturdaten, unter Berücksichtigung von verschiedenen Einflüssen, wie dem Satellitenuhrenfehler, den ionosphärischen Störungen und der troposphärischen Refraktion, auf das Satellitensignal, die verbesserte Koordinate gerechnet. Die ionosphärischen und troposphärischen Einflüsse werden mit Hilfe von Modellen, in der Positionsrechnung, verbessert.⁴Die troposphärische Verzögerung der Mikrowellen setzt sich aus einem feuchten und einem trockenen Anteil zusammen, der feuchte Anteil unterliegt schnellen örtlichen und zeitlichen Veränderungen und ist schwer zu modellieren, er macht maximal 40 cm in der Verzögerung aus. Beim trockenen Anteil gibt es so gut wie gar keine Änderung(ca. 2 cm/12 h), dieser ist leicht zu modellieren und macht ca. 90 % der gesamten Verzögerung aus. Durch die starken Änderungen des Klimas im Winter und im Sommer wird die Modellierung noch erschwert. Die Verzögerung wird als Produkt der Zenitverzögerung und der Mapping-Funktion $m(z)$, mit dem Zenitwinkel z , angegeben. Die troposphärische Verzögerung führt nachgewiesener Weise, bei der Höhenbestimmung, aus GNSS-Messungen, zu Fehlern im Zentimeterbereich.

⁴ Hübner, Wolfgang(2014): *Satellitenpositionierung II*

Bei der Modellierung, unter Verwendung von GNSS-Beobachtungen, wird die Dekorrelation der Höhen-, Uhren- und Troposphärenparameter durch die unterschiedliche Abhängigkeit vom Zenitwinkel des Satelliten erreicht. Troposphärenschätzungen sind problematisch, wenn nur kurze Sessions beobachtet werden oder kinematische Messungen vorliegen, bei denen Koordinaten für jede Epoche bestimmt werden müssen, in diesen Fällen ist die Modellierung der Parameter vorzuziehen.

Die Modellierung der troposphärischen Verzögerung, ohne Verwendung von GNSS-Beobachtungen beruht auf der Berechnung der Zenitverzögerung oder der Verzögerung für einen Zenitwinkel, aus Luftdruck, Temperatur und relativer Feuchte. Die drei Variablen, lassen sich mit Hilfe von meteorologischen Messungen, Meteorologie-Modellen, Standardatmosphäre etc., ermitteln.

1.3 Aufgabenstellung

Meine Aufgabe war es, anhand von Daten aus einer ehemaligen Bachelorarbeit (*Bestimmung von Normalhöhen mit GNSS-Messungen und dem Quasigeoidmodell GCG2011 auf ausgewählten Höhenfestpunkten*, von Josef Traurig, 2014), die Genauigkeit des Postprocessing-Dienstes GPPS-Pro, von SAPOS Bayern, zu überprüfen.

Diese Überprüfung dient zur Verifizierung der Höhengenaugkeit von GPPS-Pro, nach einem Softwareupdate, der Software WaSoft, von Herrn Lambert Wanninger, Professor der TU Dresden. In der Bachelorarbeit von Herrn Traurig wurde bei dem Dienst GPPS-Pro ein signifikanter Höhenfehler festgestellt. Dieser tritt in Gebieten auf in denen ein starker Höhenunterschied, vom Rover zur Referenzstation, bestehen kann. Daraufhin hat Herr Wanninger, zur Lösung des Problems, neben anderen Verbesserungen, das Standard-Troposphärenmodell in seinen Softwaremodulen überarbeitet.

Das Thema der Arbeit ergab sich während meines Praxissemesters am Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung (LDBV), bei SAPOS Bayern.

2 SAPOS Bayern

Zunächst werde ich auf den Aufbau, von SAPOS Bayern und dessen Nutzungsmöglichkeiten, für Kunden, eingehen.

2.1 Aufbau

Der Positionierungsdienst, SAPOS Bayern, besteht aus 38 oder 36 +2 BKG Referenzstationen und dem im LDBV, in München, angegliederten Sachgebiet 541, SAPOS. Die Abteilung im Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung besteht derzeit hauptsächlich aus 4 Personen, wird aber von anderen Sachgebieten im Außendienst unterstützt. Die Hauptaufgaben des Sachgebietes sind die Kontrolle und Wartung aller Referenzstationen in Bayern, Betreuung des Webshops und Kundenbetreuung. Die Referenzstationen sind über ganz Bayern, in einem Abstand von circa 50 Kilometern, zueinander, verteilt und decken das Bundesland Bayern, mit Einbezug der Positionierungsdienste der Nachbarländer, vollständig ab. Weitestgehend sind die Referenzstationen an Gebäuden der öffentlichen Verwaltung angebracht, um neben einer Internetverbindung noch das Behördennetz, als Sicherung der Verbindung, zwischen Landesamt und Referenzstation, zu benutzen. Die Koordinaten der Referenzstationen sind präzise bestimmt worden und werden intern, durchgängig, durch eine Monitoring Software, in Echtzeit und Postprocessing überwacht. Außerdem sind lokal, jeweils zwei Kontrollpunkte, in der Nähe der Referenzstationen angebracht, die im Falle von auftretenden Anomalien, zur Überprüfung, herangezogen werden.



Abb. 1: SAPOS-Referenzantenne, bei Eichstätt

2.2 Positionierungsdienste

SAPOS Bayern bietet folgende Positionierungsdienste⁵ an:

- **Echtzeitpositionierungsdienst EPS (DGNSS)**

Die Daten werden über Internet im Format RTCM 2.3 an Ntrip-fähige Endgeräte gesendet.

Genauigkeit (ETRS89): 0,3 – 0,8 m in Lage; 0,5 – 1,5 m in Höhe

Mögliche Anwendungsbereiche sind Land- und Forstwirtschaft, Umweltschutz, Verkehrs- oder Betriebsleitsysteme,...

⁵ http://www.geobasis-bb.de/geodaten/sapos_index.html

- **Echtzeitpositionierungsdienst HEPS (RTK)**

Die Daten werden ebenfalls über Internet, als Code- und Phasenbeobachtungen für GPS und GLONASS, im Format RTCM 3.2 oder 2.3, über eine mobile Internetverbindung, sowie GSM, an RTK-fähige geodätische Empfänger gesendet.

Genauigkeit (ETRS89): 1 – 2 cm in Lage; 2 – 3 cm in Höhe.

Mögliche Anwendungsbereiche sind Vermessungs- und Katasterwesen, Luftbildmessung, Luftfahrt, ...

- **Postprocessingdienst GPPS**

- **Reale-/VRS-Referenzstation**

Nutzer können über den Webshop Korrektur- und Beobachtungsdaten von SAPOS-Referenzstationen, in einem Zeitfenster von mindestens 60 Tagen nach Aufzeichnung, im Format RINEX, erwerben.

Genauigkeit (ETRS89): bei entsprechend langer Beobachtungsdauer <1cm in Lage; 1 – 2 cm in Höhe, möglich.

Mögliche Anwendungsbereiche sind Wissenschaftliche und geodynamische Untersuchungen, Überwachungsaufgaben, Referenzsysteme der Landesvermessung, ...

- **Online-Berechnungsdienst GPPS-Pro**

Online Berechnung der ETRS89 Positionen aus, von den Nutzern, im RINEX Format, hochgeladenen Roverdaten, als Alternative zur Auswertung mit eigener Software.

Auswertequalität wird vor der Kaufbestätigung im GPPS-Shop angezeigt.

Meine Arbeit beschäftigt sich mit den Softwaremodulen, die bei diesem Dienst für die Koordinatenberechnung verwendet werden.

Neben den Positionierungsdiensten bietet SAPOS Bayern noch einen kostenfreien, gitterbasierten, Transformationsdienst zwischen ETRS89/DREF91 und DHDN90 bzw. DHHN12/ 92 an und stellt die Ergebnisse verschiedene Monitoringdienste, der

Referenzstationen, auf der Webseite, kostenlos, dar. Zusätzlich läuft derzeit auch noch, für Galileo-interessierte Nutzer, ein Tracking Service zur Sichtbarkeit der Galileo Satelliten, vom Referenzstationenstandort München aus.

2.3 Testmessung Garmisch-Partenkirchen

Während meines Praxissemesters durfte ich bereits, für SAPOS Bayern, im Gebiet von Garmisch Partenkirchen, GNSS-Testmessungen, zur Überprüfung der neuen Softwaremodule, für den GPPS-PrO Service, durchführen und auswerten. Das genannte Gebiet ist dafür hervorragend geeignet, da die Referenzstation von Garmisch-Patenkirchen, auf dem Wank, auf 1 780 Metern liegt und Garmisch sich auf einer Höhe von rund 700 Metern befindet. Somit kann der Höhenunterschied zwischen Messrover und Referenzstation bis über 1000 Meter betragen.

Die Messungen fanden an verschiedenen Orten, mit verschiedenen Höhen und zu verschiedenen Wetterbedingungen, rund um Garmisch statt. Sie sollten damit die Funktionalität und Genauigkeit des Softwaremoduls, welches ich, durch dieser Arbeit, ebenfalls untersuche, lokal testen.

Die Ergebnisse meiner Auswertungen zeigten eine klare Verbesserung der Genauigkeit, der mit dem veränderten Softwarepaket ausgewerteten Höhen, zu den Auswertungen mit der alten Software, auf, woraufhin das neue Softwarepaket in GPPS-PrO integriert und online geschaltet wurde.

Durch meine Arbeit im Praxissemester wurden lokale Verbesserungen, durch die Veränderungen in den Softwaremodulen, bestätigt. Mit dieser Arbeit will ich diese auch in weiterem Umfeld nachweisen.

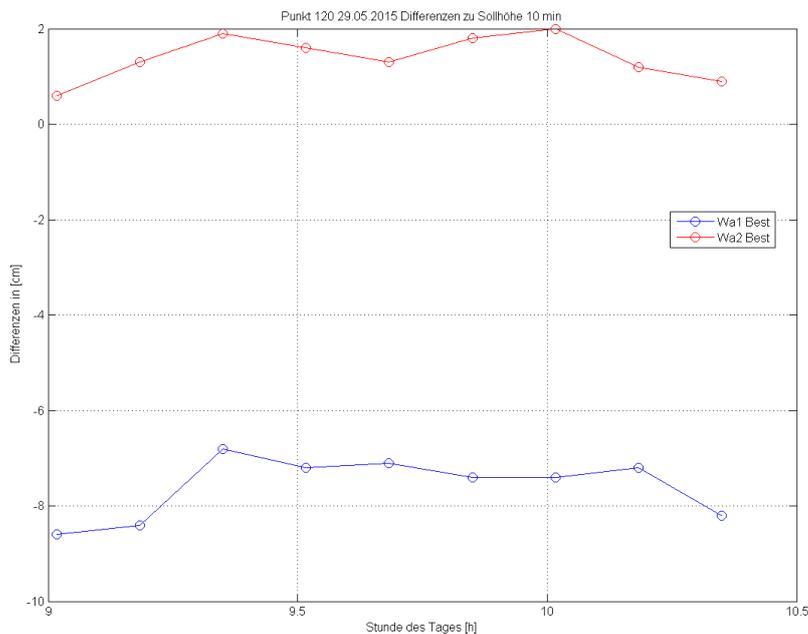


Abb. 2: Vergleich der zwei Auswertemodule Wa1 und Wa2

3 Verwendete Messdaten

Jetzt werde ich darauf eingehen, warum ich die Messdaten von Herrn Traurig verwendet habe, welches Equipment er benutzt hat und welche Zusatzdaten für die Arbeit noch notwendig waren.

3.1 Roverdaten

Bei den Überlegungen, ob ich selbst GNSS-Messungen durchführen sollte, tauchten zuerst die Fragen auf, ob ich Lage und Höhe überprüfen sollte und wie viel Aufwand ich damit hätte. Die Überprüfung der Lage wäre zwar ebenfalls interessant gewesen, aber für den Vergleich, von Lage und Höhe, hätte ich sehr gut bestimmte 3D-Punkte, in verschiedenen Bereichen, mit unterschiedlichen Höhenunterschieden, zwischen Rover und Referenzstationen, gebraucht. Und da diese noch ziemlich rar gestreut

sind, wäre dies sehr aufwendig geworden. Deshalb und weil die Troposphärenverzögerung sich vorwiegend auf die Höhenkomponente auswirkt und nur minimal Einfluss auf die Lage ausübt, ist die Wahl auf gut bestimmte Nivellementpunkte gefallen

Ich bin darauf hingewiesen worden, dass noch die Bachelorarbeit von Herrn Traurig, mitsamt Messdaten, vorhanden waren. Mit diesen Daten ist der Höhenfehler, in Gebieten mit großen Höhenunterschieden, zwischen Rover und Referenzstationen, erst erkannt worden. Die Messungen, die Herr Traurig ausgeführt hatte, beziehen sich in drei Gebiete, die er Flachland, Hügelland und Alpenrand genannt hat, von der Umgebung Weilheims bis zum Umland von Bayrischzell. Sie weisen verschiedene Höhenunterschiede zwischen Messpunkt und Referenzstation und somit die gesuchten Voraussetzungen auf.

Die Messdaten, der Bachelorarbeit von Herrn Traurig, liegen mir in Form von Rohdaten und durch LGO umgewandelt, als RINEX-Dateien vor. Die Aufschreibungen zu den Messungen habe ich, ebenso wie die Bachelorarbeit mit der DVD, zur Verfügung gestellt bekommen.

3.2 Equipment



Abb. 3: Messausrüstung von SAPOS Bayern

Für die GNSS-Messungen hat Herr Traurig, vom LDBV, das Equipment, leihweise, gestellt bekommen. Die Zusammenstellung habe ich wie folgt aus seiner Arbeit entnommen:

- Leica AT504 (GG) Chocking Antenne⁶
 - GPS/GLONASS Signalempfang
 - gute Abschirmung gegen Multipath-Effekte
 - hohe Stabilität des Phasenzentrums (<1mm)
 - resistent gegenüber Störsendern

- Leica GX1230 GG Receiver⁷ (+Modem Leica GFU28)
 - Wetterfest und sehr stabil
 - Zweifrequenzempfänger
 - GPS/GLONASS Signalempfang
 - GPS: L1/L2/L5
 - GLONASS: L1/L2

- Leica Wild NA3000 Nivellier⁸
 - Digital-/Analognivellier
 - Standardabweichung(1km Doppelnivellement)
 - Elektronische Messung:
 - mit Invarlatten: 0,4 mm
 - mit Standardlatten: 1,2 mm
 - Optische Messung
 - nur Standardlatten: 2,0 mm

Die Antenne ist für zentrische Messungen, auf einem Stativ, über einen Dreifuß, mit einem Adapter mit Messhaken und Zapfen, mit Schraubadapter, befestigt worden. Dabei wurde die Antennenhöhe, direkt, mit dem Messhaken und der Konstante

⁶ http://hds.leica-geosystems.com/en/Leica-AT504-GG-Choke-RingAntenna_4601.htm

⁷ http://www.pasi.ca/images/GPS1200_brochure_en.pdf

⁸ http://www.leica-geosystems.de/downloads123/de/levels/general/manuals/NA2002_3000_de.pdf

bestimmt. Bei einer exzentrischen Messung wurde, anstatt dem Adapter mit Messhaken, ein FG-ANA 100B Antennenträger mit Präzisions-Inoxmaßstab, mit Milimeterskala, verwendet. Somit konnte die Antennenhöhe, mit Hilfe einer Nivellierlatte, mit Spinne, durch Nivellement ermittelt werden.

Mit Hilfe eines Kompasses konnte die Antenne, zur ordnungsgemäßen Erhaltung des Antennenkoordinatensystems, nach Norden ausgerichtet werden. Ansonsten hatte Herr Traurig noch einen Klappspaten, zur Freilegung unterirdischer Punkte und einen Feldbuchrahmen, als Schreibunterlage, für das Ausfüllen der Messformulare, dabei.

3.3 gemessene Punkte

Da es bei seiner Arbeit um die Passgenauigkeit des Quasigeoidmodells GCG2011 ging und somit der Fokus allein auf der Höhe der Punkte liegt, wurden, von Josef Traurig, für seine Messungen, Nivellementpunkte ausgewählt, da diese eine sehr gute Höhengenaugigkeit aufweisen.

Die Nivellementpunkte sind, in der Bayerischen Landesvermessung, nach 4 Genauigkeitsklassen unterteilt. Sie erfolgt in Punkten der ersten bis vierten Ordnung. Nivellementpunkte der ersten Ordnung haben die beste Genauigkeit, die Punkte der folgenden Ordnung verlieren mit absteigender Ordnung an Genauigkeit. Sie sind zur Verdichtung des Nivellementpunktefeldes da, um eine möglichst weitgehende Abdeckung, mit Höhenanschlusspunkten, zu gewährleisten.

Bezeichnung der Nivellementpunkte⁹

Die Punktbezeichnung wird gebildet aus der Karteinummer – setzt sich aus der Blattnummer der Topographischen Karte des Maßstabs 1:25.000 (TK25) und einer fortlaufenden Nummer innerhalb des Blattes der TK25 zusammen – und Angaben über die Vermarkung (siehe 3.4) und Stabilität des Punktes. Weiterhin können noch Ortsnamen, örtliche Bezeichnungen oder Gebäudenamen ergänzt werden.

Innerhalb eines Blattes der TK25 werden die fortlaufenden Nummern wie folgt vergeben:

⁹ Traurig Josef(2014), Bachelorarbeit: *Bestimmung von Normalhöhen mit GNSS-Messungen und dem Quasigeoidmodell GCG2011 auf ausgewählten Höhenfestpunkten*

NivP(1) und NivP(2) 1 bis 1000
NivP(3) 1001 bis 2000
NivP(4) 2001 bis 3000

Angaben zur Stabilität aufgrund der Beschaffenheit des Bodens:

a = gut NivP, bei denen Baugrund, Fundierung und Punktträger überdurchschnittliche Standfestigkeit erwarten lassen;
b = durchschnittlich NivP mit durchschnittlicher Standfestigkeit;
c = mangelhaft NivP, bei denen ungünstige Gegebenheiten Höhenänderungen erwarten lassen.

Er hat, wie man an den Punktnummern, in Kapitel 5, erkennen kann, nur Punkte der ersten und zweiten Ordnung, mit guter bis durchschnittlicher Standfestigkeit, verwendet, um die bestmögliche Vergleichsmöglichkeit zu haben.

In Abschnitt 4.1 seiner Bachelorarbeit, schreibt Herr Traurig, dass er zur Vorauswahl der Punkte, vom LDBV, einige topographische Karten, im Maßstab 1:25 000, mit eingetragenen Nivellementpunkten und den dazugehörigen Beschreibungen, zur Verfügung gestellt bekommen hat. Anhand dieser Beschreibungen konnte er zuerst einmal die schwer erreichbaren Punkte und die Punkte mit schlechterer Genauigkeit herausfiltern. Zudem ließ er auch die Punkte an elektrischen Überleitungen außer Acht, da deren elektromagnetische Wellen das GNSS-Signal verfälschen. Nach diesem Filtervorgang hat er dann noch, mit Hilfe von Luftbildern, aus dem Bayern Atlas, die Lokalitäten grob auf starke Abschattung untersucht und konnte so die Auswahl auf eine überschaubare Menge, an Nivellementpunkten, beschränken. Die endgültige Eignung der Punkte konnte aber erst vor Ort festgestellt werden.

3.4 Korrekturdaten

Vor der Berechnung der Punktkoordinaten, online, über GPPS-PrO, von SAPOS, wird mit den Beobachtungsdaten, von den drei Referenzstationen, die am nächsten zu dem gemessenen Punkt liegen, eine virtuelle Referenzstation, nahe des Rovers, interpoliert. Diese fließt dann in die endgültige Koordinatenberechnung ein.

Bei der Überprüfung der vorhandenen Beobachtungsdaten, von Herrn Traurig, aus der Abteilung SAPOS, ist mir auch ein Ordner, mit der Aufschrift *Referenz*, aufgefallen. Bei genauerer Durchsicht, stellte sich heraus, dass zwei, verschieden benannte Beobachtungen, mit einem 10 Sekunden Beobachtungsintervall, vorhanden waren. Diese konnte ich aber, weder durch den Dateinamen oder RINEX-Header, zu einer SAPOS Referenzstation zuordnen. Des Weiteren hätte ich, selbst wenn ich beide Beobachtungsdateien erfolgreich zuordnen hätte können, noch eine Referenzstation, für das dritte Gebiet, gefehlt. Also bin ich davon ausgegangen, dass ich, von dieser Seite her, keine Referenz-Dateien bekomme und habe bei Herrn Brünner, dem Leiter von SAPOS-Bayern, nachgefragt, ob diese noch auf den SAPOS-Servern gespeichert seien. Dieser ließ mir dann, nach einer Zusammenstellung der benötigten Referenzstationen, die Broadcast Ephemeriden und die benötigten Tagesbeobachtungen der Referenzstationen zukommen. Allerdings waren sie nur noch mit 30 Sekunden Beobachtungsintervall vorhanden.

Nach der Auswertung, mit den 30 Sekunden Referenzbeobachtungen, als ich die DVD von der Bachelorarbeit, von Joseph Traurig, im Zuge der Bearbeitung, noch einmal genauer durchgeschaut hatte, habe ich dann doch noch weitere virtuelle Referenzstationen gefunden. Es waren VRS, für alle Beobachtungen, mit 10 Sekunden Beobachtungsintervall, auf der DVD, vorhanden. Allerdings sind diese noch mit der alten Softwareversion erstellt und sind somit auch nicht einwandfrei, in der Verwendbarkeit, für meine Arbeit. Deshalb und weil ich bereits einen hohen Arbeitsaufwand mit der Auswertung, der mir, bis dato bekannten Referenzdaten, hatte, werde ich diese weiterhin in den Vergleich einfließen lassen.

4 Auswertung

Im vierten Kapitel, werde ich, die, von mir, zur Auswertung der GNSS-Messungen benutzten Software und Programme, meine Vorgehensweise dabei und meine Erwartungen an die Analyse der Ergebnisse, schildern.

4.1 Software & Tools

Zu Anfang, meiner Bachelorarbeit, war noch abzuwägen, ob ich für die Auswertung der Messung den Online Service GPPS-PrO, direkt benutzen sollte oder manuell mit Hilfe der Softwaremodule aus der WaSoft, die bei GPPS-PrO zum Einsatz kommen. Allerdings hätte, für die Benutzung des Online-Dienstes, noch die alte Softwareversion wieder implementiert werden müssen und die Referenzdaten der Stationen, für die benötigten Tage, hätten neu eingespielt werden müssen, da diese nur noch extern gespeichert waren. Also fiel die Wahl auf die manuelle Auswertung, mit den Softwaremodulen an sich. Von SAPOS Bayern habe ich die Softwaremodule, der WaSoft, zur Bearbeitung der Beobachtungsdaten, zur Verfügung gestellt bekommen.

Wie bereits in Kapitel 3 beschrieben, wurde WaSoft von Herrn Lambert Wanninger, als Software zur Koordinatenberechnung, aus GNSS-Messungen, plus Referenzdaten, entworfen. WaSoft ist eine kommandozeilenbasierte Software. Die vier Module, der WaSoft, die bei GPPS-PrO verwendet werden sind folgenderweise aus dem *WaSoft User's Guide*¹⁰ entnommen:

- WaRINo

Mit WaRINo können GNSS-Beobachtungsdaten, im Format RINEX, bearbeitet und geändert werden.

- WaRINn

WaRINn wird benutzt, um Broadcast Ephemeriden, im Format RINEX, zu kombinieren und zu selektieren, außerdem erstellt es Statistiken über die genutzten Daten.

¹⁰ Wanninger, Lambert(2014): *WaSoft User's Guide*, Volume 2

- Wa/Wa2
Dieses Modul wertet die Messungen, anhand von Referenzstation und eingebrachten Ephemeriden, durch prozessieren einer Basislinie, aus.
- WaV/WaV2
Hiermit lassen sich virtuelle Referenzstationen, in der Nähe des Standortes der Messung, aus umliegenden Referenzstationen, erstellen. WaV benötigt die bereits genannten Module, da es diese zur Erstellung der virtuellen Referenzstation nutzt.

Die benutzten Softwaremodule liegen in den Versionen 1.2.3h(Lambert Wanninger 2012) und 2.1.1(Lambert Wanninger 2015) vor.

Um mir die Auswertung der Beobachtungen zu erleichtern, habe ich, mit Hilfe eines Informatik Studenten, der TU München, Batch-Aufrufe(.bat-Dateien), zur Automatisierung der Programmaufrufe, erstellt.

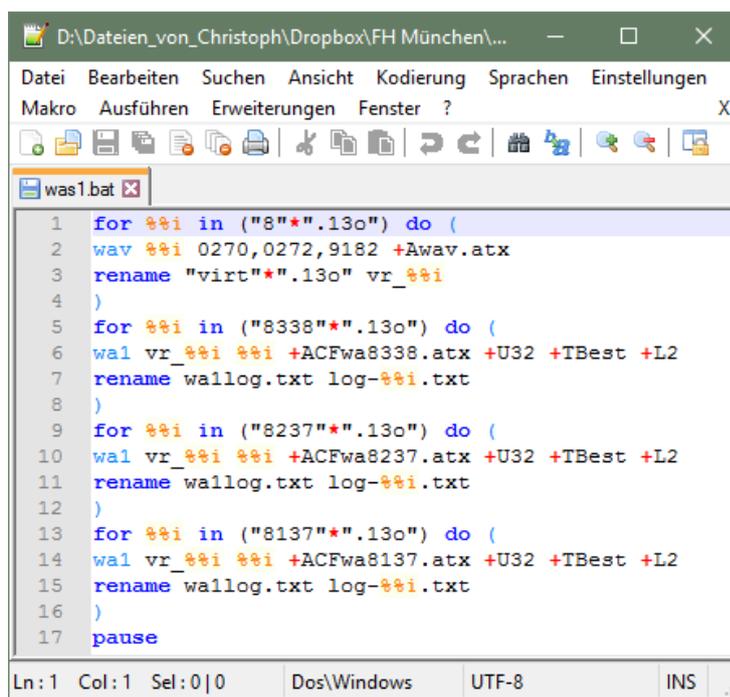
Da die amtlichen Vergleichshöhen im DHHN 92 vorliegen, habe ich einen Account, bei SAPOS-Bayern, zur Verfügung gestellt bekommen, um meine Ergebnisse dort, mit der gridbasierten Transformation, über das GCG 2011, aus dem ETRS89, zu transformieren.

4.2 Vorgehensweise

Vor der Auswertung habe ich mir erst einmal Gedanken, zu der Organisation der Ordnerstruktur, für die Messdaten, gemacht, wie ich, bei der Auswertung, so viele Punkte wie möglich abdecken kann, ohne die sekundär benötigten Daten ändern zu müssen. Dazu habe ich die KML-Datei der gesamten Punkte von Herrn Traurig in Google Earth geladen, die umliegenden Referenzstationen markiert und damit dann die Punkte zusammengeschrieben, die jeweils innerhalb von drei Referenzstationen liegen. Mit der Liste habe ich dann die Beobachtungsdateien der Punkte jeweils in einen Ordner abgelegt, der als Beschriftung die Namen der drei Orte, in welchen die umliegenden

Referenzstationen sind, erhielt. In diese Ordner sind noch die Ephemeriden und die Beobachtungsdaten der betreffenden Referenzstationen, innerhalb der fraglichen Messzeiträume, gekommen. Zusätzlich wurden noch die Antextdateien, Dateien mit Matrizen, die die Werte der absoluten Antennenkalibration, der jeweiligen Antenne, beinhalten, der Rover- und Referenzstationsantennen, benötigt. Für die weitere Bearbeitung, mit WaSoft, habe ich die jeweiligen Antennen in einem neuen Antex-File, nach der Reihenfolge des Programmaufrufes, der jeweiligen Beobachtungsdateien, zusammenkopiert. WaSoft benötigt diese in einer einzigen Datei. Dies habe ich jeweils für den WaV- und Wa- Aufruf gemacht.

Somit hatte ich dann alles für die Aufrufe bereit, in den Ordnern liegen. Aber für jeden Punkt einen eigenen Aufruf zu starten erschien mir sehr zeitaufwendig. Also habe ich versucht, mir Batch-Dateien zu schreiben, die den Aufruf automatisch wiederholen, bis alle Beobachtungen abgearbeitet sind. Ich hatte zwar, während meines Praktikums, schon, ein wenig, mit dem Schreiben von Batch-Dateien zu tun, hatte aber mit den Variablen Probleme, weshalb ich einen Freund, der zu diesem Zeitpunkt, an der TU München, im Masterstudiengang Informatik, studiert hatte, gefragt habe, ob er es sich mal anschauen könnte und daraufhin hat er die Aufrufe, für mich, vervollständigt. Nach ein paar Verfeinerungen, von mir, sah es dann folgendermaßen aus:



```
1 for %%i in ("8"*".13o") do (
2 wav %%i 0270,0272,9182 +Awav.atx
3 rename "virt"*".13o" vr_%%i
4 )
5 for %%i in ("8338"*".13o") do (
6 wal vr_%%i %%i +ACFwa8338.atx +U32 +TBest +L2
7 rename wallog.txt log-%%i.txt
8 )
9 for %%i in ("8237"*".13o") do (
10 wal vr_%%i %%i +ACFwa8237.atx +U32 +TBest +L2
11 rename wallog.txt log-%%i.txt
12 )
13 for %%i in ("8137"*".13o") do (
14 wal vr_%%i %%i +ACFwa8137.atx +U32 +TBest +L2
15 rename wallog.txt log-%%i.txt
16 )
17 pause
```

Abb. 4: Notepad Ausschnitt einer .bat-Datei

Von Zeile 1 bis 4 ist der Aufruf für WaV geregelt. In Zeile 1 wird festgelegt, dass, solange eine Datei mit dem ersten Zeichen „8“ und den letzten Zeichen „13o“ existiert, der Code, aus den nächsten 2 Zeilen, ausgeführt wird. Außerdem wird der Dateiname jeweils als Variable gespeichert. In Zeile 2 steht der Aufruf selbst:

```
wav [Roverdatei] [Ref1],[Ref2],[Ref3] [optionen]
```

In Zeile 3 wird die Ausgangsdatei, mit der neuen Roverstation, umbenannt, da sie sonst, mit dem nächsten Aufruf, überschrieben wird. Die Wa-Aufrufe habe ich für jeden TK25 Abschnitt extra gemacht, da ich dachte, dass die Antennen, der virtuellen Referenzstation, so jeweils gleich wären. Dies war aber nicht ganz richtig, weshalb ich am Schluss noch ein paar der Aufrufe, mit angepassten Antex-Dateien, wiederholen musste, um ein Ergebnis zu erhalten. Diese Bearbeitungsschritte habe ich, für die 30 Sekunden Referenzdaten, mit beiden WaSoft Versionen, durchgeführt. Da für die 10 Sekunden Daten die virtuellen Referenzstationen bereits vorhanden waren, musste ich, für diese, nur noch den Wa- bzw. Wa2-Aufruf durchführen.

Als vorletzten Schritt, habe ich die Koordinaten, aller Punkte, aus den Ergebnislogs, in eine leere Textdatei geschrieben und diese im Transformationsservice, von SAPOS Bayern, transformieren lassen. Danach wurden die Punkte, per Hand, in eine Excel Tabelle, zur weiteren Auswertung, übertragen.

4.3 Erwartung an die Analyse

Bei meinen bisherigen Erfahrungen, mit dem Vergleich der beiden Softwareversionen, lag die neue Version immer, von einigen Millimetern bis zu wenigen Zentimetern, besser an den Sollkoordinaten, als die vorherige Version. Das Gebiet um Garmisch-Partenkirchen ist in dieser Hinsicht, durch seine starken Höhenunterschiede, im Gelände, und der hoch gelegenen Referenzstation, ein sehr extremes Testgebiet. Deshalb denke ich, dass sich die Höhendifferenzen dieser Auswertung nicht ganz so stark zeigen, wie bei den

Garmischer Testdaten. Dennoch erwarte ich erkennbare Schwankungen, in der Genauigkeit der Punkte, im Bergland, aus der Wa1 Auswertung, welche bei den Punkten der Auswertung, mit Wa 2, deutlich gemildert ausfallen dürften. Bei dem Gebiet *Flachland* erwarte ich so gut wie gar keine Unterschiede. Dort sollten höchstens mal kleine Schwankungen, im Bereich von wenigen Millimetern, auftreten. Im Hügelland dürfte es, bis auf wenige Ausreißer, ähnlich wie im Flachland, nur wenige Genauigkeitsunterschiede, zwischen beiden Softwareversionen, geben. Insgesamt nehme ich an, dass die Genauigkeit, der Wa 2 Version, in allen Gebieten besser abschneidet, als bei Wa1.

Bei dem Vergleich, der Daten, in Bezug auf die Messrate, sollte die Höhenverbesserung, bei den Beobachtungsdaten mit 10 Sekunden Messrate, wesentlich deutlicher hervortreten, als bei den Daten mit 30 Sekunden Messintervall, da dort das dreifache an Beobachtungen vorhanden ist und der Algorithmus sich somit besser entfalten kann. Es ist auch möglich, dass die 30 Sekunden Messintervall, mit 20 minütiger Messung, nicht repräsentativ sind, da dort gerade mal 40 Messepochen zusammen kommen. Ich gehe allerdings nicht davon aus, da die WaSoft insgesamt nur 2 Lösungen als Float-Lösung errechnet hat und der Rest normal, als L1-Lösung, berechnet werden konnte.

5 Analyse der ausgewerteten Ergebnisse

Jetzt werden die ausgewerteten Ergebnisse, mit den vorhandenen amtlichen Höhen, verglichen und statistisch ausgewertet. Da in den Messungen Nivellementpunkte genutzt worden sind und diese keine präzise bestimmte Lage innehaben, bleiben die Lagekoordinaten unberücksichtigt.

5.1 Verfahrensweise und verwendete Formeln

Verwendete Abkürzungen und Formelzeichen:

<i>TK</i>	Blattnummer der topographischen Karte im Maßstab 1:25 000
<i>Nr.</i>	Punktnummer innerhalb der TK
<i>Messjahr</i>	Jahr, in dem der Punkt das letzte Mal gemessen wurde
<i>H_{amtl.}</i>	amtliche Normalhöhe
<i>h</i>	ellipsoidische Höhe
<i>H_T</i>	ermittelte Normalhöhe, aus ETRS89 transformiert
ε	Abweichung von H_T zu $H_{amtl.}$
σ	Standardabweichung von ε
\bar{x}	Mittler Abweichung (Mittelwert von ε)
$s_{\bar{x}}$	Standardabweichung von \bar{x}
v	Verbesserung von ε zu \bar{x}
n	Anzahl der Punkte
f	Freiheitsgrad
μ	Erwartungswert
P	Wahrscheinlichkeit
α	Irrtumswahrscheinlichkeit
t	Quantil der t-Verteilung
u	Testgröße (Heck)
$q_{crit.}$	Quantil zum Vergleich mit der Testgröße u

Nun werde ich die, von mir, zur statistischen Auswertung, verwendeten Rechenschritte¹¹, der Reihe nach, darlegen. Die amtlichen Referenzhöhen werden dabei als fehlerfrei angenommen.

Berechnung der/des:

- Normalhöhe H_T
$$H_{T(i)} = \frac{H_{T1(i)} + H_{T2(i)}}{2} \quad (1)$$

Bei den 4-Stunden Messungen(8338-0197, 8237-0119, 8035-0063) wurde der Höhenwert aus der Auswertung übernommen, da die Koordinate durch die längere Messung genauer bestimmt sein sollte und sich die Satellitenkonstellation während der Messung zur Genüge ändert.

- Abweichung ε
$$\varepsilon_i = H_{amtl. (i)} - H_{T(i)} \quad (2)$$

- Standardabweichung σ
$$\sigma = \sqrt{\frac{[\varepsilon_i \varepsilon_i]}{n}} \quad (3)$$

- Mittelwert \bar{x}
$$\bar{x} = \frac{[\varepsilon_i]}{n} \quad (4)$$

- Verbesserung v
$$v_i = \bar{x} - \varepsilon_i \quad (5)$$

- Standardabweichung des Mittelwertes $s_{\bar{x}}$

$$s_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{[v_i v_i]}{n*(n-1)}} \quad (6)$$

Errechnung der Konfidenzintervalle (Vertrauensbereiche), in denen sich, mit einer vorgegebenen Wahrscheinlichkeit P oder einer Vorgegebenen Irrtumswahrscheinlichkeit α , das Ergebnis μ , bei wiederholter Messung, mit

¹¹ Lothar, Georg (2012): *Mathematik für Geodäten Teil2, Statistik, Einführung in die mathematische Statistik*, Die entnommenen Formeln wurden mit den, in dieser Ausarbeitung, benutzten Bezeichnungen angepasst.

gleichen Voraussetzungen, erwarten lässt. Als Irrtumswahrscheinlichkeit habe ich für α zehn, fünf und einen Prozent gewählt, somit liegt der Erwartungswert zu 90, 95 und 99 % im angegebenen Bereich.

- Konfidenzintervall für die Wahrscheinlichkeit P

$$P(\bar{X} - t_{(p,f)} * s_{\bar{X}} \leq \mu \leq \bar{X} + t_{(p,f)} * s_{\bar{X}}) = 1 - \alpha \quad (7)$$

mit
$$p = 1 - \frac{\alpha}{2} \quad (8)$$

und
$$f = n - 1 \quad (9)$$

Zur Eliminierung von wahrscheinlich groben Messfehlern wurde im Anschluss noch ein Ausreißertest, nach Heck, durchgeführt. Dadurch wird detektiert, mit welcher Wahrscheinlichkeit, ein in einer Messreihe bestimmter Punkt, einen groben Fehler darstellt. Somit kann man Punkte herausfiltern, die die Genauigkeit einer Messreihe signifikant verschlechtern.

- Berechnung der Testgröße u
$$u_i = \frac{|\varepsilon_i|}{\sqrt{\frac{[\varepsilon_i \varepsilon_i] - \varepsilon_i^2}{n-2}}} \quad (10)$$

- Berechnung der Vergleichsgröße q_{crit} .

$$q_{\text{crit.}} = t_{(1-\alpha/2; n-2)} \quad (11)$$

wenn
$$u_i > q_{\text{crit.}} \quad (12)$$

dann
$$P(\text{Messung} \approx \text{Ausreißer}) = 1 - \alpha \quad (13)$$

Die Werte für t sind der beiliegenden Tabelle, der *t-Verteilung*, entnommen worden.

Bei Messreihen, in denen Ausreißer detektiert worden sind, wurden diese entfernt und die Messreihen nach den Formeln (1) bis (9) erneut berechnet.

Detektierte Ausreißer wurden auf mögliche Ursachen untersucht. Mögliche Gründe für die starken Abweichungen können sein:

- schlechte Satellitenkonstellation
- Abschattungen
- Veränderung der Punktvermarkung
- fehlerhafte Ermittlung der Antennenhöhe

Bei einer unvorteilhaften Verteilung der Satelliten, am Horizont, können schleifende Schnitte entstehen, dadurch kann die Position nicht mehr, mit hoher Genauigkeit, bestimmt werden. Die *Dilution of Precision*(DOP)-Werte können zur Beurteilung der Satellitenkonstellation herangezogen werden. Für diese Arbeit sind der GDOP, der die Qualität der Satellitenkonfiguration wiedergibt und der VDOP, welcher ein Maß für die vertikale Positionsgenauigkeit ist, die aufschlussreichsten Werte. Bei den DOP-Werten gilt, je kleiner der Wert, desto besser ist die Qualität der Messung. Zu der Ermittlung der DOP-Werte muss ich die LGO-Berechnungsprotokolle, der Bachelorarbeit, von Herrn Traurig, heranziehen, da die Auswerteprotokolle, die ich mit WaSoft erstellt habe, diese nicht beinhalten.

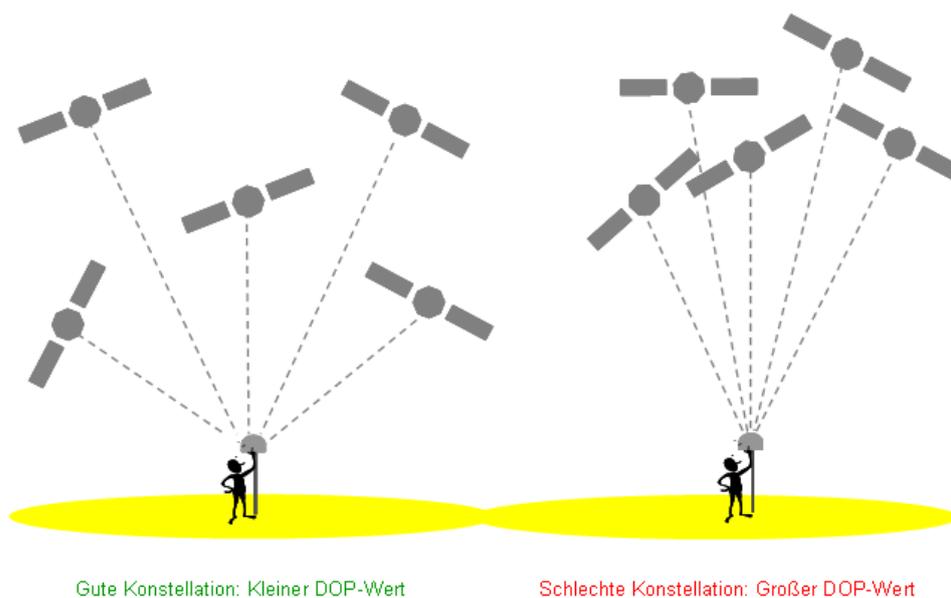


Abb. 5: Veranschaulichung zur Güte von Satellitenkonstellationen

Durch hohe Bäume, Gebäude oder landschaftliche Strukturen, kann der Empfangsbereich, der GNSS-Antenne, eingeschränkt werden und somit bekommt sie weniger Satellitensignale, als bei freier Sicht. Damit liegen auch weniger Daten, für die Auswertesoftware, zur Verfügung, wodurch die Genauigkeit der bestimmbaren Position abnimmt. Anhand der, von Herrn Traurig, aufgenommenen Fotos, der Punktstandorte, werde ich Aussagen über die Abschattung treffen können.

Eine Veränderung der Punktvermarkung, z.B. durch Baumaßnahmen, landwirtschaftliche Arbeiten oder sonstige Umwelteinflüsse ist nicht auszuschließen, ich kann dahingehend jedoch nur Vermutungen anstellen. Da ich die Messungen nicht selbst durchgeführt habe, kann ich auch selbst nichts zur Standfestigkeit der Punktvermarkung, zum Zeitpunkt der Messung, sagen.

Bei der Ermittlung der Antennenhöhe, kann es leicht mal passieren, dass ein Ablesefehler auftritt, dies versucht man, durch Kontrollen, wie doppelt ablesen oder 2-mal Messen plus Kontrolle vor Ort, zu verhindern, völlig ausschließen können wir diesen dennoch nicht.

Die Ergebnisse, aus folgenden Auswertungen, wurden jeweils in den Messreihen Vorgebirge, Hügelland, Flachland und mit allen Punkten aus den verschiedenen Messreihen, analysiert:

- Wa1, mit WaV-Referenzdaten(30 Sekunden Messintervall)
- Wa2, mit WaV2-Referenzdaten(30 Sekunden)
- Wa1, mit WaV-Referenzdaten(10 Sekunden)
- Wa2, mit WaV-Referenzdaten(10 Sekunden)

Da die Punkte, alle, in das DHDN92 transformiert werden mussten, gilt für die Messergebnisse, die Standardabweichung für Quasigeoidhöhen, die mit dem GCG2011 berechnet wurden. Diese habe ich folgendermaßen, aus der Bachelorarbeit von Herrn Traurig, entnommen:

- Flachland: 1 – 2 Zentimeter
- Alpen: 3 – 4 Zentimeter
- Meeresbereich: 4 – 10 Zentimeter

Alle, für die Auswertung, Analyse und für die Überprüfung der Punkte benötigten Daten sind, auf einer beigefügten DVD, enthalten. Somit können die Berechnungen, damit, jederzeit nachvollzogen werden.

5.2 Vorgebirge

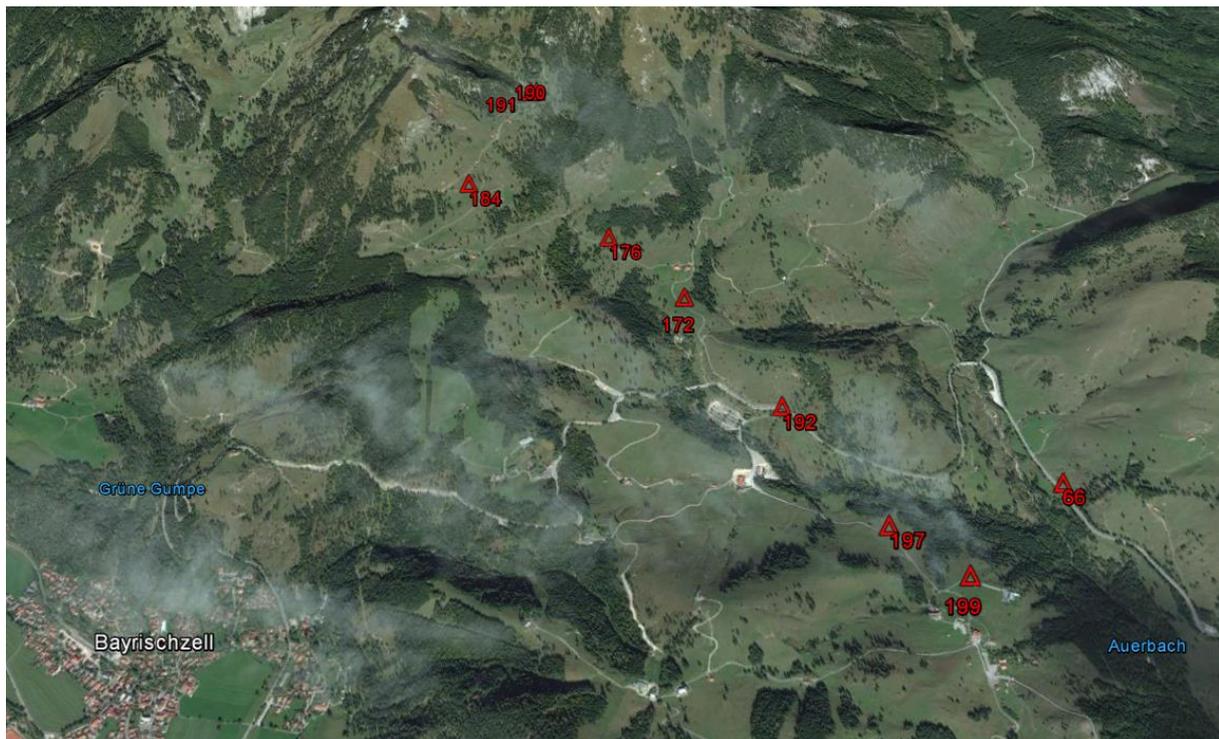


Abb. 6: Punktdarstellung Messreihe Vorgebirge(Google Earth)

- Wa1, 30 Sekunden Messintervall

TK	Nr.	Messjahr	H _{amtl.} [m]	h [m]	H _T [m]	ε [m]
8338	66	2007	993,2249	1040,0491	993,2320	0,0071
8338	172	2007	1132,031	1178,8360	1132,0185	-0,0120
8338	176	2007	1205,531	1252,3358	1205,5260	-0,0049
8338	184	2007	1344,965	1391,7504	1344,9420	-0,0233
8338	190	2007	1449,753	1496,5066	1449,7350	-0,0183
8338	191	2007	1450,413	1497,1754	1450,4025	-0,0100
8338	192	2007	1044,222	1091,0638	1044,2225	0,0006
8338	197	2007	1053,581	1100,4471	1053,5910	0,0098
8338	199	2007	1070,118	1116,9872	1070,1275	0,0093

$$P(-0,0122 \leq \mu \leq 0,0029) = 90 \%$$

$$\sigma = 0,0124$$

$$P(-0,0140 \leq \mu \leq 0,0047) = 95 \%$$

$$\bar{x} = -0,0046$$

$$P(-0,0183 \leq \mu \leq 0,0090) = 99 \%$$

$$s_{\bar{x}} = 0,0041$$

Der Punkt 8338-0184 wurde zu 90 % als Ausreißer detektiert ($u = 2,1318$).

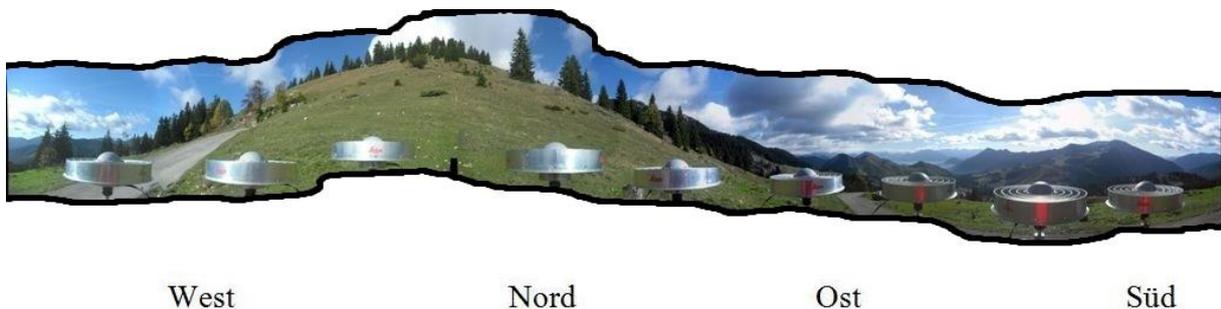


Abb. 6.1: 360° Panorama-Montage der Aussicht von Punkt 8338-0184

Nach dem Panoramaphoto, ist nur im Nordwesten, der Antenne, eine leichte Abschattung, durch den leicht ansteigenden Bergrücken, zu sehen. Der Rest ist frei von Hindernissen, so ist die Abschattung wahrscheinlich nicht der Grund, für die hohe Abweichung.

Der GDOP liegt bei 1,6 bis 1,8 und der VDOP liegt bei 1,2 bis 1,4, somit liegen sie innerhalb der DOP-Werte der anderen Messung in dieser Messreihe, weshalb die Satellitenkonstellation auch nicht der Grund für den Fehler ist.

Der Punkt wurde bei der Arbeit von Herrn Traurig nicht als Ausreißer erkannt, also vermute ich, dass dies ein Fehler der Auswertesoftware ist.

Der Punkt 8338-0190 wurde zu 80 % als Ausreißer detektiert($u = 1,4983$).



Süd West Nord Ost

Abb. 6.2: 360° Panorama, Aussicht von Punkt 8338-0190

Auf dem Bild ist erkennbar, dass einige größere Bäume, um die Antenne herum, in deren Nähe, stehen, die durchaus eine Abschattung verursachen können und somit der Grund, für die hohe Abweichung, sein könnten. Ansonsten lässt, von der Beschaffenheit des Geländes, nichts auf starke Abschattungen schließen.

Anhand des GDOP's und VDOP's lässt sich, ebenfalls, nicht auf eine schlechte Satellitenkonstellation schließen, der VDOP liegt sogar mit 0,8 bis 1 recht gut.

Wa1, 30 Sekunden Intervall, ohne Ausreißer 8338-0184 und 8338-0190

TK	Nr.	Messjahr	H _{amtl.} [m]	h [m]	H _T [m]	ε [m]
8338	66	2007	993,2249	1040,0491	993,2320	0,0071
8338	172	2007	1132,031	1178,8360	1132,0185	-0,0120
8338	176	2007	1205,531	1252,3358	1205,5260	-0,0049
8338	191	2007	1450,413	1497,1754	1450,4025	-0,0100
8338	192	2007	1044,222	1091,0638	1044,2225	0,0006
8338	197	2007	1053,581	1100,4471	1053,5910	0,0098
8338	199	2007	1070,118	1116,9872	1070,1275	0,0093

$P(-0,0067 \leq \mu \leq 0,0067) = 90 \%$

$\sigma = 0,0085$

$P(-0,0085 \leq \mu \leq 0,0084) = 95 \%$

$\bar{x} = 0,0000$

$P(-0,0128 \leq \mu \leq 0,0128) = 99 \%$

$s_{\bar{x}} = 0,0035$

Durch die Elimination, der Ausreißer, wurde die Genauigkeit der Messreihe stark verbessert. Zu 95 % liegen die Abweichungen, bei der Auswertung, der Messungen der Punkte, mit der Wa1-Version, im Vorgebirge zwischen - 1 cm und + 1 cm, diese Werte liegen sehr gut innerhalb der Genauigkeit(siehe Kapitel 5.1).

- Wa2, 30 Sekunden Messintervall

TK	Nr.	Messjahr	H _{amtl.} [m]	h [m]	H _r [m]	ε [m]
8338	66	2007	993,2249	1040,0536	993,2370	0,0121
8338	172	2007	1132,031	1178,8576	1132,0400	0,0095
8338	176	2007	1205,531	1252,3535	1205,5430	0,0121
8338	184	2007	1344,965	1391,7804	1344,9720	0,0067
8338	190	2007	1449,753	1496,5429	1449,7715	0,0182
8338	191	2007	1450,413	1497,2131	1450,4400	0,0275
8338	192	2007	1044,222	1091,0674	1044,2330	0,0111
8338	197	2007	1053,581	1100,4556	1053,6000	0,0188
8338	199	2007	1070,118	1116,9954	1070,1350	0,0168

$P(0,0109 \leq \mu \leq 0,0186) = 90 \%$

$\sigma = 0,0159$

$P(0,0099 \leq \mu \leq 0,0196) = 95 \%$

$\bar{x} = 0,0148$

$P(0,0077 \leq \mu \leq 0,0218) = 99 \%$

$s_{\bar{x}} = 0,0021$

Der Punkt 8338 – 0191 wurde zu 85 % als Ausreißer detektiert ($u = 1,8674$).



Süd West Nord Ost Süd

Abb. 6.3: 360° Panorama, Aussicht von Punkt 8338-0191

Nur in Richtung Nord-West ist, mit ein paar größeren Bäumen, eine leichte Abschattung gegeben, der Rest ist frei von Abschattungen. Ich gehe nicht davon aus, dass dies die große Abweichung, vom Mittelwert, erklärt.

Der GDOP liegt mit 1,6 bis 2,1 etwas schlechter da, als im Durchschnitt der GDOP-Werte, der anderen Messungen. Deshalb ist hier von einer schlechteren Satellitenkonstellation auszugehen, die die Abweichungen rechtfertigen würde.

Wa2, 30 Sekunden Intervall, ohne Ausreißer 8338-0191

TK	Nr.	Messjahr	H _{amtl.} [m]	h [m]	H _T [m]	ε [m]
8338	66	2007	993,2249	1040,0536	993,2370	0,0121
8338	172	2007	1132,031	1178,8576	1132,0400	0,0095
8338	176	2007	1205,531	1252,3535	1205,5430	0,0121
8338	184	2007	1344,965	1391,7804	1344,9720	0,0067
8338	190	2007	1449,753	1496,5429	1449,7715	0,0182
8338	192	2007	1044,222	1091,0674	1044,2330	0,0111
8338	197	2007	1053,581	1100,4556	1053,6000	0,0188
8338	199	2007	1070,118	1116,9954	1070,1350	0,0168

$P(0,0103 \leq \mu \leq 0,0161) = 90 \%$	$\sigma =$	0,0138
$P(0,0095 \leq \mu \leq 0,0168) = 95 \%$	$\bar{x} =$	0,0132
$P(0,0078 \leq \mu \leq 0,0185) = 99 \%$	$s_{\bar{x}} =$	0,0015

Hier wurde die Genauigkeit der Messreihe, wieder, durch das Entfernen eines Ausreißers, etwas gesteigert. Auch bei dieser Auswertung liegen die erreichten Genauigkeiten innerhalb der Richtlinien. Die erwarteten Abweichungen befinden sich zu 95 % zwischen 0.0095 cm und 0,0168 cm.

Wenn man die Ergebnisse der 30 Sekunden Daten, der Auswertung mit Wa1 mit denen von Wa2 vergleicht, sieht man, dass hier Wa1 bessere Ergebnisse geliefert hat. Allerdings haben die Ergebnisse von Wa2 weniger um den Mittelwert gestreut.

- Wa1, 10 Sekunden Messintervall

TK	Nr.	Messjahr	H _{amtl.} [m]	h [m]	H _T [m]	ε [m]
8338	66	2007	993,2249	1040,0319	993,2155	-0,0094
8338	172	2007	1132,031	1178,8099	1131,9925	-0,0380
8338	176	2007	1205,531	1252,3167	1205,5070	-0,0239
8338	184	2007	1344,965	1391,7291	1344,9210	-0,0443
8338	190	2007	1449,753	1496,4922	1449,7200	-0,0333
8338	191	2007	1450,413	1497,1554	1450,3825	-0,0300
8338	192	2007	1044,222	1091,0351	1044,2005	-0,0214
8338	197	2007	1053,581	1100,4685	1053,6120	0,0308
8338	199	2007	1070,118	1116,9640	1070,1040	-0,0142

$P(-0,0342 \leq \mu \leq -0,0067) = 90 \%$	$\sigma =$	0,0292
$P(-0,0375 \leq \mu \leq -0,0034) = 95 \%$	$\bar{x} =$	-0,0204
$P(-0,0452 \leq \mu \leq 0,0044) = 99 \%$	$s_{\bar{x}} =$	0,0074

Der Punkt 8338 - 0184 wurde zu 80 % als Ausreißer detektiert ($u = 1,5496$).

Dieser Punkt wurde bei der Wa1-Auswertung mit 30 Sekunden Messintervall bereits auf die Fehlerherkunft hin analysiert.

Wa1, 10 Sekunden Messintervall, ohne Ausreißer 8338-0184

TK	Nr.	Messjahr	H _{amtl.} [m]	h [m]	H _T [m]	ε [m]
8338	66	2007	993,2249	1040,0319	993,2155	-0,0094
8338	172	2007	1132,031	1178,8099	1131,9925	-0,0380
8338	176	2007	1205,531	1252,3167	1205,5070	-0,0239
8338	190	2007	1449,753	1496,4922	1449,7200	-0,0333
8338	191	2007	1450,413	1497,1554	1450,3825	-0,0300
8338	192	2007	1044,222	1091,0351	1044,2005	-0,0214
8338	197	2007	1053,581	1100,4685	1053,6120	0,0308
8338	199	2007	1070,118	1116,9640	1070,1040	-0,0142

$$P(-0,0320 \leq \mu \leq -0,0029) = 90 \%$$

$$\sigma = 0,0267$$

$$P(-0,0356 \leq \mu \leq 0,0007) = 95 \%$$

$$\bar{x} = -0,0174$$

$$P(-0,0443 \leq \mu \leq 0,0094) = 99 \%$$

$$s_{\bar{x}} = 0,0077$$

Bei dieser Auswertung hat sich die gesamte Genauigkeit, durch das Eliminieren des Ausreißers, minimal verschlechtert. Die Konfidenzintervalle haben sich jedoch, was die Schwankungen um den Erwartungswert der Abweichungen angeht, minimal verbessert. Allerdings liegen die erreichten Abweichungen, teilweise, nur noch im Randgebiet, zur Toleranzgrenze, vor allem die 4 – Stunden Messung(8338-0179) hätte ein besseres Ergebnis erzielen sollen. Bei dem Ausreißertest ist nur der eine Punkt herausgefallen, da er eine sehr krasse Abweichung aufgewiesen hat. Wenn ich, mit der neuen Tabelle, noch einen Ausreißertest gemacht hätte, wären bestimmt mehr Punkte abgefallen.

▪ Wa2, 10 Sekunden Messintervall

TK	Nr.	Messjahr	H _{amtl.} [m]	h [m]	H _T [m]	ε [m]
8338	66	2007	993,2249	1040,0415	993,2250	0,0001
8338	172	2007	1132,031	1178,8338	1132,0165	-0,0140
8338	176	2007	1205,531	1252,3386	1205,5285	-0,0024
8338	184	2007	1344,965	1391,7639	1344,9560	-0,0093
8338	190	2007	1449,753	1496,5273	1449,7555	0,0022
8338	191	2007	1450,413	1497,1876	1450,4145	0,0020
8338	192	2007	1044,222	1091,0504	1044,2155	-0,0064
8338	197	2007	1053,581	1100,4687	1053,6130	0,0318
8338	199	2007	1070,118	1116,9778	1070,1180	-0,0002

$P(-0,0076 \leq \mu \leq 0,0085) = 90 \%$ $\sigma = 0,0122$

$P(-0,0096 \leq \mu \leq 0,0104) = 95 \%$ $\bar{x} = 0,0004$

$P(-0,0141 \leq \mu \leq 0,0149) = 99 \%$ $s_{\bar{x}} = 0,0043$

Der Punkt 8338-0197 wurde zu 99 % als Ausreißer detektiert($u = 4,5756$).



Süd West Nord Ost

Abb. 6.4: 360° Panorama, Aussicht von Punkt 8338-0197

Da, um die Antenne, nur leicht ansteigendes Gelände, im Süden, zu sehen ist und der Rest komplett ohne Sichthindernisse auskommt, ist hier quasi keine Abschattung zu erkennen.

Im VDOP-Wert ist, mit 0,9 bis 1,8, ein wenig Potenzial für Fehler erkennen, aber der GDOP verzeichnet mit maximal 2,4 eindeutig einige nicht zu verachtende Spitzen, was den Fehler hier vermuten lässt. Das Fehlerpotential war schon in der Auswertung mit Wa1 zu sehen, ist dort aber, wegen des hohen Fehlers von Punkt 0197, nicht berücksichtigt worden.

Wa2, 10 Sekunden Messintervall, ohne Ausreißer 8338-0197

TK	Nr.	Messjahr	H _{amtl.} [m]	h [m]	H _r [m]	ε [m]
8338	66	2007	993,2249	1040,0415	993,2250	0,0001
8338	172	2007	1132,031	1178,8338	1132,0165	-0,0140
8338	176	2007	1205,531	1252,3386	1205,5285	-0,0024
8338	184	2007	1344,965	1391,7639	1344,9560	-0,0093
8338	190	2007	1449,753	1496,5273	1449,7555	0,0022
8338	191	2007	1450,413	1497,1876	1450,4145	0,0020
8338	192	2007	1044,222	1091,0504	1044,2155	-0,0064
8338	199	2007	1070,118	1116,9778	1070,1180	-0,0002

$$P(-0,0074 \leq \mu \leq 0,0004) = 90 \%$$

$$\sigma = 0,0065$$

$$P(-0,0084 \leq \mu \leq 0,0014) = 95 \%$$

$$\bar{x} = -0,0035$$

$$P(-0,0107 \leq \mu \leq 0,0037) = 99 \%$$

$$s_{\bar{x}} = 0,0021$$

Bei der Auswertung, mit den 10 Sekunden Messintervall, ist für die Software das Dreifache an Messdaten, zur Auswertung, vorhanden, was die Reliabilität, der Auswertung, somit erhöht. Allerdings ist hier, bei der Auswertung mit Wa2, zu beachten, dass die virtuellen Referenzstationen, noch von 2013, also ohne das neue Troposphärenmodell, berechnet worden sind.

Jetzt hat sich bei dieser Auswertung, die gesamte Genauigkeit, nach dem Ausschluss des Ausreißers, wieder erhöht. Die zu erwartenden Abweichungen, von den amtlichen Koordinaten, liegt mit 95 %-iger Wahrscheinlichkeit zwischen -0,0084 cm und 0,0014 cm und ist somit gut innerhalb der Toleranz, für die Genauigkeit der PP-Auswertung.

Bei der Auswertung der 10-Sekunden Intervallmessungen zeigt sich, in der Wa1 Auswertung, eine klare Genauigkeitsverbesserung gegenüber der Wa2-Auswertung. Hier kommt die Beständigkeit der Messergebnisse, was man an der niedrigeren Standardabweichung vom Mittelwert, der Wa2-Auswertung, sieht, ebenfalls gut raus.

In der ersten Auswertung, mit einem Messintervall von 30 Sekunden, war die Standardabweichung der Wa2 Auswertung schlechter, jedoch noch innerhalb der Genauigkeitsgrenze. Aber die Standardabweichung um den Mittelwert, war bei Wa2 besser, dies bedeutet weniger Streuung um den Mittelwert und eine

bessere Wiederholbarkeit der Messung. Bei den 30 Sekunden Messintervall-
daten, wurde bei Wa2, ebenfalls, weniger Streuung um den Mittelwert
nachgewiesen. Zusätzlich war hier auch noch die Standardabweichung besser
und somit die Koordinaten genauer bestimmt.

So lässt sich nach der Analyse des Gebietes Vorgebirge, bei dem die
Höhenunterschiede von Rover zu den Referenzstationen am größten sein
können, behaupten, dass mit Wa1, schon mit relativ wenigen Messdaten gute
Genauigkeiten erreichen lassen. Die Ergebnisse streuen dort jedoch schon
stärker, als bei Wa2. Bei Wa2 jedoch mit mehr Messdaten genauere Ergebnisse
als bei Wa1 erreicht werden können.

Der Punkt 8237-0119 ist zu 95 % ein Ausreißer($u = 3,0319$).



Abb. 7.1: Ausblick von Punkt 8237-0119 in Richtung Nord(links oben), Ost(rechts oben), Süd(links unten) und West(rechts unten)

Bis auf einen Hügel, der ein Stück entfernt, im Süd-Osten liegt, gibt es hier nichts, was eine starke Abschattung verursachen könnte.

Die beiden DOP Werte liegen mit GDOP 1,2 bis 2,2 und VDOP 0,8 bis 1,7 beide im mittleren bis halbwegs brauchbaren Wert, insofern könnte die Satellitenkonstellation durchaus einen Fehler verursacht haben.

Auffällig ist, dass auch hier die 4 Stunden Messung stärkere Abweichungen aufweist, obwohl sie eigentlich, durch die längere Beobachtungszeit genauer bestimmt sein müsste.

Der Punkt 8136-0048 wurde zu 80 % als Ausreißer detektiert($u = 1,4415$).



Abb. 7.2: Ausblick von Punkt 8136-0048 in Richtung Norden(links oben), Osten(rechts oben), Süden(links unten) und Westen(rechts unten)

Man sieht, auf den Fotos, dass nur in Richtung Ost freier Blick gewährt wird, in alle anderen Richtungen stehen Bäume und Strauchwerk. Aufgrund dessen vermute ich, dass der Fehler durch diese starke Abschattung zustande gekommen ist.

Anhand der beiden DOP Werte mit GDOP 1,4 – 1,7 und VDOP 1,1 – 1,2 ist nicht anzunehmen, dass es an einer schlechten Satellitenkonstellation gelegen hat.

Der Punkt 8237-0119 ist zu 90 % als Ausreißer detektiert worden ($u = 1,9500$).

Die Problemanalyse wurde schon, bei der Wa1-30-Sekunden-Auswertung, abgeschlossen, durch die erneute Deklaration zum Ausreißer, wird dieser Verdacht erhärtet.

Wa2, 30 Sekunden Messintervall, ohne Ausreißer 8136-0048 und 8237-119

TK	Nr.	Messjahr	H _{amtl.} [m]	h [m]	H _T [m]	ε [m]
8136	50	2009	755,6012	801,8073	755,6165	0,0153
8136	102	1996	698,1979	744,2472	698,1990	0,0011
8137	10	1981	647,9183	693,8659	647,9260	0,0077
8137	67	1996	606,0886	651,8130	606,1070	0,0184
8137	90	1981	544,3523	590,2199	544,3565	0,0042
8137	106	1996	531,6991	577,4002	531,7130	0,0139
8137	119	1996	709,7612	755,5855	709,7785	0,0173
8237	91	1981	683,9896	730,0655	683,9875	-0,0021

$$P(0,0042 \leq \mu \leq 0,0147) = 90 \%$$

$$\sigma = 0,0120$$

$$P(0,0029 \leq \mu \leq 0,0160) = 95 \%$$

$$\bar{x} = 0,0095$$

$$P(-0,0002 \leq \mu \leq 0,0192) = 99 \%$$

$$s_{\bar{x}} = 0,0028$$

Die Entfernung, des Ausreißers, hat zu einer erhöhten Genauigkeit, der Messreihe, geführt. Hier sind die Abweichungen, für wiederholte Messungen, zu 95 % im Bereich von 2,9 mm bis zu 1,6 cm, diese Werte sind innerhalb der vorgegebenen Höhengenaugkeit, für die GPS-Messungen.

Auffällig war, dass hier, bei beiden Auswertemodulen, die 4 Stunden Messung herausgefallen ist.

Genau wie bei der Analyse der Messreihe *Vorgebirge*, liegt die Genauigkeit der Auswertung, mit Wa2, hinter der von Wa1, zurück, allerdings ist hier, diesmal auch die Abweichung um den Mittelwert, bei Wa1, geringfügig besser, als bei Wa2.

- Wa1, 10 Sekunden Messintervall

TK	Nr.	Messjahr	H _{amtl.} [m]	h [m]	H _T [m]	ε [m]
8136	48	2009	743,6381	789,8088	743,6515	0,0134
8136	50	2009	755,6012	801,7964	755,6055	0,0043
8136	102	1996	698,1979	744,2917	698,2435	0,0456
8137	10	1981	647,9183	693,8602	647,9205	0,0022
8137	67	1996	606,0886	651,8075	606,1015	0,0129
8137	90	1981	544,3523	590,2225	544,3590	0,0067
8137	106	1996	531,6991	577,3903	531,7025	0,0034
8137	119	1996	709,7612	755,5719	709,7650	0,0038
8237	91	1981	683,9896	730,0639	683,9860	-0,0036
8237	119	1996	799,8640	846,1026	799,8130	-0,0510

$$P(-0,0099 \leq \mu \leq 0,0174) = 90 \%$$

$$\sigma = 0,0227$$

$$P(-0,0131 \leq \mu \leq 0,0206) = 95 \%$$

$$\bar{x} = 0,0038$$

$$P(-0,0204 \leq \mu \leq 0,0280) = 99 \%$$

$$s_{\bar{x}} = 0,0074$$

Der Punkt 8237-0119 wurde zu 95 % als Ausreißer detektiert ($u = 2,8664$).

Fehlersuche siehe 1. Auswertung Hügelland.

Der Punkt 8136-0102 wurde zu 95 % als Ausreißer detektiert($u = 2,3338$).

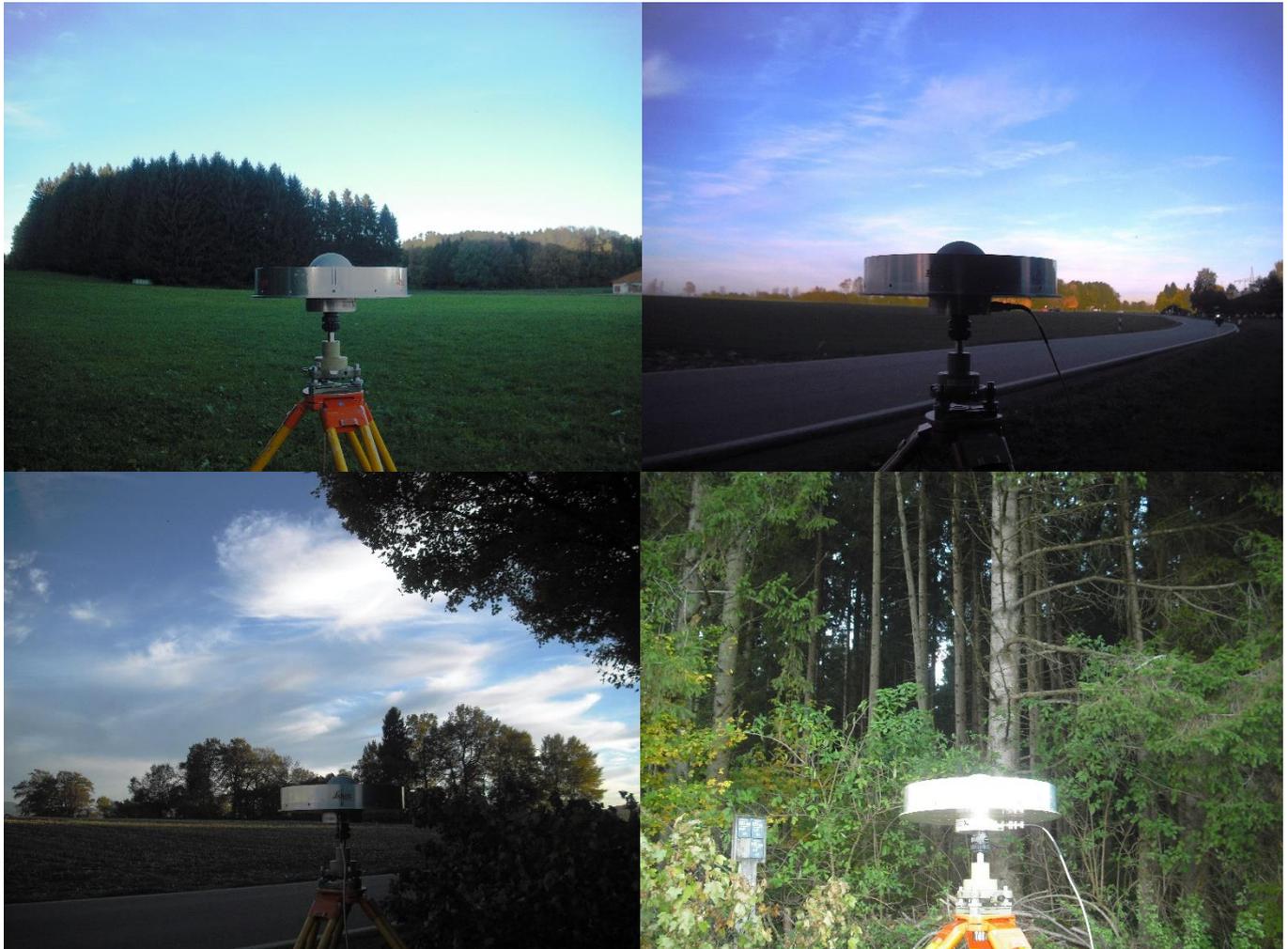


Abb. 7.3: Ausblick von Punkt 8136-0102 in Richtung Nord(links oben), Ost(rechts oben), Süd(links unten) und West(rechts unten)

Wie man an dem Blick, Richtung Süden und Westen erkennen kann, wurde die Antenne hier, sehr nahe, an einem Waldstück postiert. Dadurch wird sie, in eine Richtung, nahezu total abgeschattet, was zu starken Genauigkeitsverlusten führen kann. Von Nord-West bis Süd-West ist nichts erkennbar, was sonst noch eine Abschattung darstellen würde.

An dem hohen GDOP-Wert 1,5 – 3.9 ist klar erkennbar, dass wegen der einen fehlenden Richtung, aus der keine Satellitensignale empfangen werden können, es schwer fällt, eine gute Satellitenkonstellation zu bilden, die fehlende Geometrie bildet sich auch auf den VDOP ab, der zeitweise bis zu 2,5 angestiegen ist.

Wa1, 10 Sekunden Messintervall, ohne Ausreißer 8136-0102 und 8237-0119

TK	Nr.	Messjahr	H _{amtl.} [m]	h [m]	H _T [m]	ε [m]
8136	48	2009	743,6381	789,8088	743,6515	0,0134
8136	50	2009	755,6012	801,7964	755,6055	0,0043
8137	10	1981	647,9183	693,8602	647,9205	0,0022
8137	67	1996	606,0886	651,8075	606,1015	0,0129
8137	90	1981	544,3523	590,2225	544,3590	0,0067
8137	106	1996	531,6991	577,3903	531,7025	0,0034
8137	119	1996	709,7612	755,5719	709,7650	0,0038
8237	91	1981	683,9896	730,0639	683,9860	-0,0036

$$P(0,0016 \leq \mu \leq 0,0092) = 90 \%$$

$$\sigma = 0,0075$$

$$P(0,0007 \leq \mu \leq 0,0101) = 95 \%$$

$$\bar{x} = 0,0054$$

$$P(-0,0016 \leq \mu \leq 0,0123) = 99 \%$$

$$s_{\bar{x}} = 0,0020$$

Bei dieser Auswertung ist die Standardabweichung, um knapp 1,5 cm, durch das Entfernen der Ausreißer, verbessert worden. Zu 95 % befinden sich die Abweichungen, bei Wiederholungsmessungen, im Bereich von unter einem Millimeter bis zu einem Zentimeter. Hier liegen alle Abweichungen klar innerhalb der Fehlergrenze.

Gegenüber der Wa1 Auswertung, mit 30 Sekunden Messintervall, hat sich die Genauigkeit und das Streuungsverhalten, bei den Daten mit 10 Sekunden Intervall, geringfügig verbessert.

- Wa2, 10 Sekunden Messintervall

TK	Nr.	Messjahr	H _{amtl.} [m]	h [m]	H _T [m]	ε [m]
8136	48	2009	743,6381	789,8094	743,6520	0,0139
8136	50	2009	755,6012	801,7971	755,6060	0,0048
8136	102	1996	698,1979	744,2921	698,2440	0,0461
8137	10	1981	647,9183	693,8606	647,9205	0,0022
8137	67	1996	606,0886	651,8079	606,1020	0,0134
8137	90	1981	544,3523	590,2226	544,3595	0,0072
8137	106	1996	531,6991	577,3906	531,7030	0,0039
8137	119	1996	709,7612	755,5722	709,7650	0,0038
8237	91	1981	683,9896	730,0640	683,9860	-0,0036
8237	119	1996	799,8640	846,1030	799,8130	-0,0510

$$P(-0,0097 \leq \mu \leq 0,0178) = 90 \%$$

$$\sigma = 0,0229$$

$$P(-0,0129 \leq \mu \leq 0,0210) = 95 \%$$

$$\bar{x} = 0,0041$$

$$P(-0,0203 \leq \mu \leq 0,0284) = 99 \%$$

$$s_{\bar{x}} = 0,0075$$

Der Punkt 8237-0119 wurde zu 95 % als Ausreißer detektiert ($u = 2,8180$).

Da der Punkt bisher, in jeder Auswertung, in diesem Gebiet, als Ausreißer erkannt wurde, liegt hier klar ein Fehler vor. Die Fehleranalyse befindet sich in der ersten Auswertung dieses Kapitels.

Der Punkt 8136-0102 wurde zu 95 % als Ausreißer detektiert ($u = 2,3343$).

Dieser Punkt wurde in der Auswertung, mit *Wa1, 10 Sekunden Messintervall*, bereits als Fehler erkannt und eine Analyse der Abschattung und DOP-Werte vollzogen.

Wa2, 10 Sekunden Messintervall, ohne Ausreißer 8136-0102 und 8237-0119

TK	Nr.	Messjahr	H _{amtl.} [m]	h [m]	H _T [m]	ε [m]
8136	48	2009	743,6381	789,8094	743,6520	0,0139
8136	50	2009	755,6012	801,7971	755,6060	0,0048
8137	10	1981	647,9183	693,8606	647,9205	0,0022
8137	67	1996	606,0886	651,8079	606,1020	0,0134
8137	90	1981	544,3523	590,2226	544,3595	0,0072
8137	106	1996	531,6991	577,3906	531,7030	0,0039
8137	119	1996	709,7612	755,5722	709,7650	0,0038
8237	91	1981	683,9896	730,0640	683,9860	-0,0036

$P(0,0018 \leq \mu \leq 0,0096) = 90 \%$	$\sigma =$	0,0079
$P(0,0009 \leq \mu \leq 0,0105) = 95 \%$	$\bar{x} =$	0,0057
$P(-0,0015 \leq \mu \leq 0,0129) = 99 \%$	$s_{\bar{x}} =$	0,0020

Die Genauigkeit dieser Messreihe wurde, durch das Entfernen der Ausreißer, stark verbessert, der Erwartungswert, der von Folgemessungen zu erwartenden Abweichungen, befindet sich zu 95 % im Bereich zwischen einem Millimeter und 1,3 Zentimetern. Diese Abweichungen befinden sich im Rahmen der vorgeschriebenen Genauigkeit.

Zwischen den Auswertungen, mit 10 Sekunden Messintervall, ist nahezu kein Unterschied, in der Genauigkeit und in der Streuung um den Mittelwert, zu erkennen. Innerhalb der Auswertungen, mit 30 Sekunden Messintervall, war die Wa1 Auswertung, in allen Belangen, die bessere Auswertung.

In diesem Messgebiet, dem *Hügelland*, hat sich meine Erwartung nicht ganz erfüllt, dort hatte ich angedacht, dass die Wa2 Auswertung hier die Nase immer noch etwas vorne hat, man kann jedoch sagen, dass hier beide Programme gleich abschneiden, da hier Wa1, nur um wenige zehntel Millimeter, genauer war, als Wa1. In diesem Gebiet hat Wa2 auch im Streuungsverhalten keinen Vorsprung mehr.

5.4 Flachland

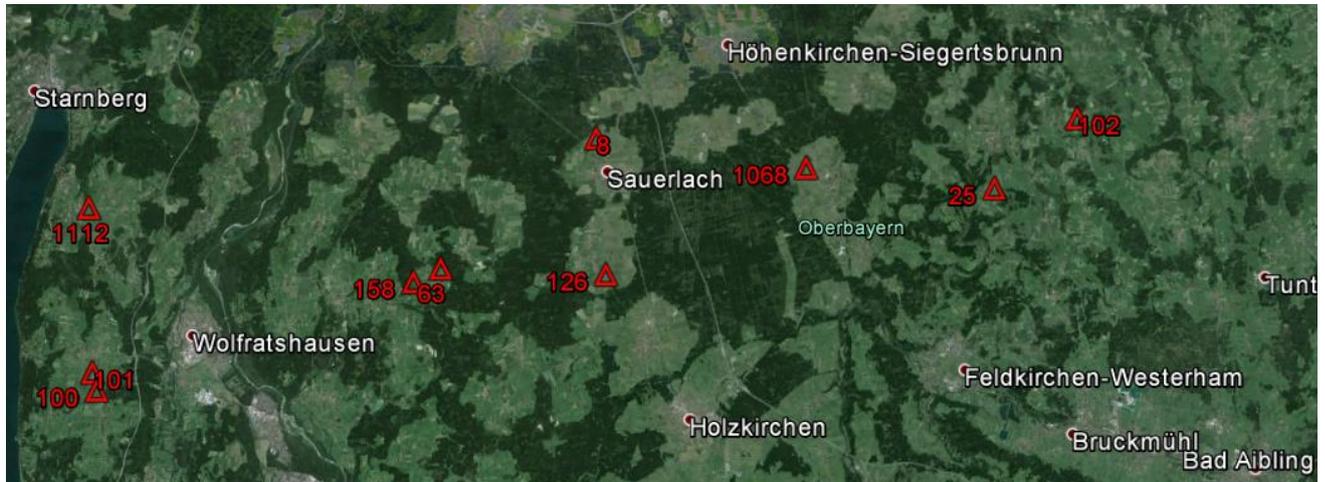


Abb. 8: Punktdarstellung Messreihe Hügelland(Google Earth)

- Wa1, 30 Sekunden Messintervall

TK	Nr.	Messjahr	H _{amtl.} [m]	h [m]	H _T [m]	ε [m]
8034	1112	1983	630,8322	676,9808	630,8185	-0,0137
8035	8	2009	609,7556	655,5158	609,7465	-0,0091
8035	63	1996	709,9852	755,9681	709,9770	-0,0082
8035	126	2009	652,6101	698,4763	652,5975	-0,0126
8035	158	1996	680,8349	726,8248	680,8090	-0,0259
8036	1068	1983	602,2374	647,8372	602,2035	-0,0339
8037	25	1996	577,6031	623,0658	577,5885	-0,0146
8037	102	1996	566,7325	612,0843	566,7185	-0,014
8134	100	1996	664,7497	710,9922	664,7325	-0,0172
8134	101	1996	685,2622	731,4857	685,2355	-0,0267

$P(-0,0225 \leq \mu \leq -0,0127) = 90 \%$

$\sigma = 0,0193$

$P(-0,0236 \leq \mu \leq -0,0116) = 95 \%$

$\bar{x} = -0,0176$

$P(-0,0263 \leq \mu \leq -0,0089) = 99 \%$

$s_{\bar{x}} = 0,0027$

Der Punkt 8036-1068 wurde zu 80 % als Ausreißer erkannt ($u = 1,8858$).



Abb. 8.1: Ausblick von Punkt 8036-1068 in Richtung West(links) und Süd(rechts)

Hier waren nicht mehr, als die beiden Ausblicke, nach West und Süd, vorhanden. Anhand der beiden Bilder lässt sich annehmen, dass der Punkt zwischen einem freien Feld und dem Gleisbett eingebettet liegt. Die Antenne scheint, in der Höhe, knapp oberhalb des Bahndammes, zu sein, das würde bedeuten, dass relativ wenig bis keine Abschattung vorhanden wäre, diese also nicht für die starke Abweichung verantwortlich wäre.

Die beiden DOP-Werte sind beide in einem guten Bereich, so lässt sich auch die Satellitenkonstellation, als Fehlerverursacher, ausschließen.

Da der Punkt am Rand eines Feldes liegt, kann es aber gut möglich sein, dass der Stein, durch landwirtschaftliche Maschinen, die knapp daran vorbei oder darüber gefahren sind oder durch nahes Pflügen des Ackers, bewegt worden ist. Auf dem rechten Bild kann man auch erkennen, dass der Stein nicht sehr tief unter der Oberfläche liegt, was ihn noch anfälliger für Krafteinwirkungen, von oben, macht.

Wa1, 30 Sekunden Messintervall, ohne Ausreißer 8036-1068

TK	Nr.	Messjahr	H _{amtl.} [m]	h [m]	H _T [m]	ε [m]
8034	1112	1983	630,8322	676,9808	630,8185	-0,0137
8035	8	2009	609,7556	655,5158	609,7465	-0,0091
8035	63	1996	709,9852	755,9681	709,9770	-0,0082
8035	126	2009	652,6101	698,4763	652,5975	-0,0126
8035	158	1996	680,8349	726,8248	680,8090	-0,0259
8037	25	1996	577,6031	623,0658	577,5885	-0,0146
8037	102	1996	566,7325	612,0843	566,7185	-0,014
8134	100	1996	664,7497	710,9922	664,7325	-0,0172
8134	101	1996	685,2622	731,4857	685,2355	-0,0267

$$P(-0,0198 \leq \mu \leq -0,0117) = 90 \%$$

$$\sigma = 0,0169$$

$$P(-0,0208 \leq \mu \leq -0,0107) = 95 \%$$

$$\bar{x} = -0,0158$$

$$P(-0,0231 \leq \mu \leq -0,0084) = 99 \%$$

$$s_{\bar{x}} = 0,0022$$

Durch das Entfernen der Ausreißer wurde die Genauigkeit, der Messreihe, ein wenig verbessert. Die zu erwartenden Höhenabweichungen, bei Folgemessungen, befinden sich, mit 95 % Wahrscheinlichkeit, im Bereich von -2 bis -1 cm, dieser Bereich befindet sich, in Anbetracht der Dauer der Messung, innerhalb der vorgeschriebenen Genauigkeit.

- Wa2, 30 Sekunden Messintervall

TK	Nr.	Messjahr	H _{amtl.} [m]	h [m]	H _T [m]	ε [m]
8034	1112	1983	630,8322	676,9860	630,8230	-0,0092
8035	8	2009	609,7556	655,5182	609,7485	-0,0071
8035	63	1996	709,9852	755,9749	709,9840	-0,0012
8035	126	2009	652,6101	698,4808	652,6020	-0,0081
8035	158	1996	680,8349	726,8297	680,8140	-0,0209
8036	1068	1983	602,2374	647,8427	602,2095	-0,0279
8037	25	1996	577,6031	623,0714	577,5940	-0,0091
8037	102	1996	566,7325	612,0909	566,7245	-0,008
8134	100	1996	664,7497	710,9982	664,7380	-0,0117
8134	101	1996	685,2622	731,4923	685,2420	-0,0202

$$P(-0,0170 \leq \mu \leq -0,0077) = 90 \%$$

$$\sigma = 0,0145$$

$$P(-0,0181 \leq \mu \leq -0,0066) = 95 \%$$

$$\bar{x} = -0,0123$$

$$P(-0,0206 \leq \mu \leq -0,0040) = 99 \%$$

$$s_{\bar{x}} = 0,0026$$

Der Punkt 8036-1068 wurde zu 90 % als Ausreißer detektiert($u = 2,1633$).

Die Fehlersuche wurde bereits, in der Auswertung *Wa1*, 30 Sekunden Messintervall, ausgeführt, mit dem Ergebnis, dass die Punktvermarkung wahrscheinlich bewegt wurde.

Der Punkt 8035-0158 wurde zu 80 % als Ausreißer detektiert($u = 1,4456$).



Abb. 8.2: Ausblick von Punkt 8035-0158 in Richtung Nord(links oben), Ost(rechts oben), Süd(links unten) und West(rechts unten)

Auf den Fotos ist, bis auf einen Baum, in der nahen Umgebung, keine große Abschattung erkennbar, weshalb ich Abschattung, als Grund für den Fehler, ausschließen würde.

Der VDOP ist, bei 1,0 – 1,5, im normalen Bereich, der GDOP ist jedoch, mit einem Bereich von 1,4 – 2,0, etwas erhöht, das heißt, dass eine schlechtere Satellitenkonstellation den Fehler ausgelöst haben könnte.

Wa2, 30 Sekunden Messintervall, ohne Ausreißer 8035-0158 und 8036-1068

TK	Nr.	Messjahr	H _{amtl.} [m]	h [m]	H _T [m]	ε [m]
8034	1112	1983	630,8322	676,9860	630,8230	-0,0092
8035	8	2009	609,7556	655,5182	609,7485	-0,0071
8035	63	1996	709,9852	755,9749	709,9840	-0,0012
8035	126	2009	652,6101	698,4808	652,6020	-0,0081
8037	25	1996	577,6031	623,0714	577,5940	-0,0091
8037	102	1996	566,7325	612,0909	566,7245	-0,008
8134	100	1996	664,7497	710,9982	664,7380	-0,0117
8134	101	1996	685,2622	731,4923	685,2420	-0,0202

$P(-0,0129 \leq \mu \leq -0,0058) = 90 \%$

$\sigma = 0,0106$

$P(-0,0138 \leq \mu \leq -0,0049) = 95 \%$

$\bar{x} = -0,0093$

$P(-0,0159 \leq \mu \leq -0,0027) = 99 \%$

$s_{\bar{x}} = 0,0019$

Durch die Löschung der beiden Ausreißer konnte, mit der Neuberechnung der Messreihe, ein besseres Ergebnis, mit höherer Genauigkeit, erzielt werden. Die Abweichungen, für Wiederholungsmessungen, liegen hier zu 95 % in einem Bereich von -1,3 cm bis zu 0,5 cm. Dieser Bereich liegt gut innerhalb der festgelegten Genauigkeitsgrenze, für die GNSS-Messungen.

In diesem Gebiet hat die neue Softwareversion, mit verbessertem Troposphärenmodell, mit einem halben Zentimeter besserer Standardabweichung und minimalst besserem Streuverhalten, wieder die besseren Ergebnisse erzielt. Der Punkt 8035-1068 wurde in beiden Auswertungen klar als Ausreißer detektiert.

- Wa1, 10 Sekunden Messintervall

TK	Nr.	Messjahr	H _{amtl.} [m]	h [m]	H _T [m]	ε [m]
8034	1112	1983	630,8322	676,9807	630,8185	-0,0137
8035	8	2009	609,7556	655,5159	609,7465	-0,0091
8035	63	1996	709,9852	755,9682	709,9770	-0,0082
8035	126	2009	652,6101	698,4763	652,5970	-0,0131
8035	158	1996	680,8349	726,8252	680,8095	-0,0254
8036	1068	1983	602,2374	647,8372	602,2035	-0,0339
8037	25	1996	577,6031	623,0657	577,5885	-0,0146
8037	102	1996	566,7325	612,0859	566,7195	-0,013
8134	100	1996	664,7497	710,9906	664,7305	-0,0192
8134	101	1996	685,2622	731,4843	685,2340	-0,0282

$P(-0,0228 \leq \mu \leq -0,0128) = 90 \%$

$\sigma = 0,0196$

$P(-0,0240 \leq \mu \leq -0,0117) = 95 \%$

$\bar{x} = -0,0178$

$P(-0,0267 \leq \mu \leq -0,0090) = 99 \%$

$s_{\bar{x}} = 0,0027$

Der Punkt 8036-1068 wurde zu 85% als Ausreißer detektiert($u = 1,8451$).

Die Fehlersuche wurde bereits, in der Auswertung *Wa1, 30 Sekunden Messintervall*, ausgeführt, mit dem Ergebnis, dass die Punktvermarkung wahrscheinlich bewegt wurde.

Der Punkt 8134-0101 wurde zu 80 % als Ausreißer detektiert($u = 1,4432$)



Abb. 8.3: Aussicht von Punkt 8134-0101, in Richtung Nord(links) und Süd(rechts)



Abb. 8.4: Aussicht von Punkt 8134-0101 in Richtung Westen

Auf den Fotos sieht man nur im Süden eine leichte Abschattung, durch eine Baumgruppe, die anderen Fotos lassen sonst keine Abschattung erkennen. Dabei muss aber beachtet werden, dass der Ausblick nach Osten komplett fehlt und sich somit nichts über Abschattungen in dieser Richtung sagen lässt. Anhand der Landschaftlichen Gegebenheiten auf den vorhandenen Fotos denke ich jedoch nicht, dass eine zu große Abschattung, nach Westen, die Fehlerquelle der großen Abweichung ist.

VDOP und GDOP befinden sich beide in normalen Bereichen, deshalb kann man auch die Satellitenkonstellation als Fehlerquelle ausschließen.

Da der Punkt direkt neben einem Feldweg, nur wenige Zentimeter im Gras verborgen war, ist es möglich, dass die Vermarkung durch überfahren großer landwirtschaftlicher Maschinen leicht bewegt worden ist.

Wa1, 10 Sekunden Messintervall, ohne Ausreißer 8036-1068 und 8134-0101

TK	Nr.	Messjahr	H _{amtl.} [m]	h [m]	H _T [m]	ε [m]
8034	1112	1983	630,8322	676,9807	630,8185	-0,0137
8035	8	2009	609,7556	655,5159	609,7465	-0,0091
8035	63	1996	709,9852	755,9682	709,9770	-0,0082
8035	126	2009	652,6101	698,4763	652,5970	-0,0131
8035	158	1996	680,8349	726,8252	680,8095	-0,0254
8037	25	1996	577,6031	623,0657	577,5885	-0,0146
8037	102	1996	566,7325	612,0859	566,7195	-0,013
8134	100	1996	664,7497	710,9906	664,7305	-0,0192

$$P(-0,0182 \leq \mu \leq -0,0108) = 90 \%$$

$$\sigma = 0,0154$$

$$P(-0,0192 \leq \mu \leq -0,0099) = 95 \%$$

$$\bar{x} = -0,0145$$

$$P(-0,0214 \leq \mu \leq -0,0077) = 99 \%$$

$$s_{\bar{x}} = 0,0020$$

Durch das Entfernen der Ausreißer konnte, auch hier, die Genauigkeit, der Messreihe, verbessert werden. Die Abweichungen, bei Wiederholungsmessungen, werden zu 95 % im Bereich von -1,92 cm bis zu minus einem Zentimeter, erwartet. Diese Abweichungen befinden sich innerhalb der festgelegten Fehlergrenze.

Durch die erhöhte Menge an Beobachtungsdaten konnte WaSoft (Version 1.3.h) die Genauigkeit, gegenüber der 30 Sekunden Daten, um wenige Millimeter steigern, die Streuung um den Mittelwert der Abweichungen bleibt in etwa die Gleiche.

▪ Wa2, 10 Sekunden Messintervall

TK	Nr.	Messjahr	H _{amtl.} [m]	h [m]	H _T [m]	ε [m]
8034	1112	1983	630,8322	676,9812	630,8185	-0,0137
8035	8	2009	609,7556	655,5160	609,7465	-0,0091
8035	63	1996	709,9852	755,9688	709,9770	-0,0082
8035	126	2009	652,6101	698,4765	652,5975	-0,0126
8035	158	1996	680,8349	726,8252	680,8095	-0,0254
8036	1068	1983	602,2374	647,8373	602,2040	-0,0334
8037	25	1996	577,6031	623,0658	577,5885	-0,0146
8037	102	1996	566,7325	612,0860	566,7200	-0,0125
8134	100	1996	664,7497	710,9911	664,7310	-0,0187
8134	101	1996	685,2622	731,4846	685,2345	-0,0277

$$P(-0,0225 \leq \mu \leq -0,0127) = 90 \%$$

$$\sigma = 0,0193$$

$$P(-0,0237 \leq \mu \leq -0,0115) = 95 \%$$

$$\bar{x} = -0,0176$$

$$P(-0,0263 \leq \mu \leq -0,0089) = 99 \%$$

$$s_{\bar{x}} = 0,0027$$

Der Punkt 8036-1068 wurde zu 85 % als Ausreißer detektiert ($u = 1,8428$).

Die Fehlersuche wurde bereits, in der Auswertung *Wa1*, 30 Sekunden Messintervall, ausgeführt, mit dem Ergebnis, dass die Punktvermarkung wahrscheinlich bewegt wurde.

Der Punkt 8134-0101 wurde zu 80 % als Ausreißer detektiert ($u = 1,4361$).

Die Fehlersuche wurde bereits, in der Auswertung *Wa1*, 10 Sekunden Messintervall, ausgeführt. Die wahrscheinlichste Fehlerursache war dort, dass die Punktvermarkung bewegt worden ist.

Wa2, 10 Sekunden Messintervall, ohne Ausreißer 8036-1068 und 8134-0101

TK	Nr.	Messjahr	H _{amtl.} [m]	h [m]	H _T [m]	ε [m]
8034	1112	1983	630,8322	676,9812	630,8185	-0,0137
8035	8	2009	609,7556	655,5160	609,7465	-0,0091
8035	63	1996	709,9852	755,9688	709,9770	-0,0082
8035	126	2009	652,6101	698,4765	652,5975	-0,0126
8035	158	1996	680,8349	726,8252	680,8095	-0,0254
8037	25	1996	577,6031	623,0658	577,5885	-0,0146
8037	102	1996	566,7325	612,0860	566,7200	-0,0125
8134	100	1996	664,7497	710,9911	664,7310	-0,0187

$$P(-0,0180 \leq \mu \leq -0,0107) = 90 \%$$

$$\sigma = 0,0153$$

$$P(-0,0190 \leq \mu \leq -0,0097) = 95 \%$$

$$\bar{x} = -0,0143$$

$$P(-0,0212 \leq \mu \leq -0,0075) = 99 \%$$

$$s_{\bar{x}} = 0,0020$$

Die Standardabweichung und die Standardabweichung um den Mittelwert konnten, durch den Ausschluss der Ausreißer, verbessert werden. Zu 95 % liegen Abweichungen, von Wiederholungsmessungen, im Bereich von -1,9 cm bis -0,9 cm, dies liegt, durchaus gut, im Bereich der festgelegten Genauigkeit.

Der Punkt 8036-1068 wurde hier, in allen Auswertungen, als Ausreißer detektiert und hat somit mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht mehr die richtige amtliche Höhe.

Bei den 10 Sekunden Messintervall Daten liegen die Ergebnisse der Analysen beider Auswertungen nahezu gleich auf, mit Unterschieden im zehntel-Millimeter-Bereich, gegen die alte Softwareversion. Dahingehend trafen auch meine Erwartungen, zu diesem Messbereich, voll und ganz zu.

5.5 Alle Punkte

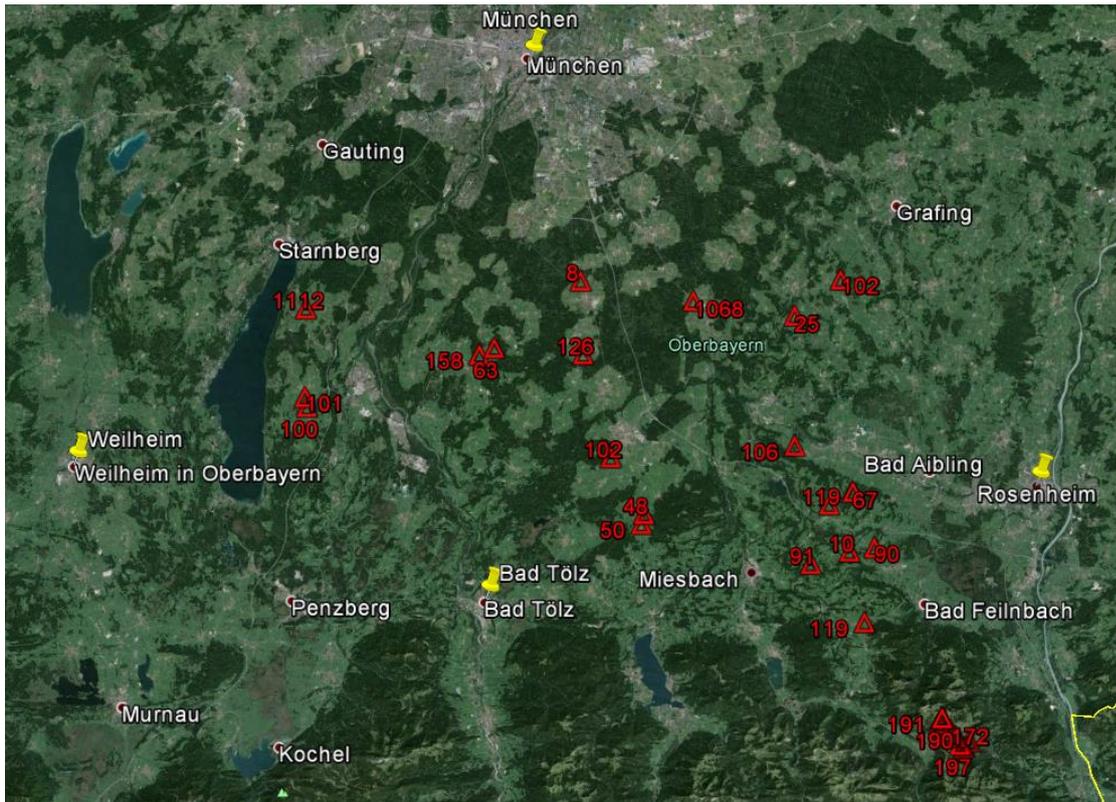


Abb. 9: Punktdarstellung aller Punkte der gesamten Gebiete(Google Earth)

- Wa1, 30 Sekunden Messintervall

TK	Nr.	Messjahr	H _{amtl.} [m]	h [m]	H _T [m]	ε [m]
8338	66	2007	993,2249	1040,0491	993,2320	0,0071
8338	172	2007	1132,0305	1178,8360	1132,0185	-0,0120
8338	176	2007	1205,5309	1252,3358	1205,5260	-0,0049
8338	184	2007	1344,9653	1391,7504	1344,9420	-0,0233
8338	190	2007	1449,7533	1496,5066	1449,7350	-0,0183
8338	191	2007	1450,4125	1497,1754	1450,4025	-0,0100
8338	192	2007	1044,2219	1091,0638	1044,2225	0,0006
8338	197	2007	1053,5812	1100,4471	1053,5910	0,0098
8338	199	2007	1070,1182	1116,9872	1070,1275	0,0093
8136	48	2009	743,6381	789,8086	743,6515	0,0134
8136	50	2009	755,6012	801,7960	755,6050	0,0038
8136	102	1996	698,1979	744,2396	698,1910	-0,0069
8137	10	1981	647,9183	693,8626	647,9225	0,0042
8137	67	1996	606,0886	651,8077	606,1015	0,0129
8137	90	1981	544,3523	590,2243	544,3605	0,0082
8137	106	1996	531,6991	577,4016	531,7140	0,0149
8137	119	1996	709,7612	755,5720	709,7650	0,0038
8237	91	1981	683,9896	730,0661	683,9880	-0,0016
8237	119	1996	799,8640	846,1244	799,8350	-0,0290
8034	1112	1983	630,8322	676,9808	630,8185	-0,0137
8035	8	2009	609,7556	655,5158	609,7465	-0,0091
8035	63	1996	709,9852	755,9681	709,9770	-0,0082
8035	126	2009	652,6101	698,4763	652,5975	-0,0126
8035	158	1996	680,8349	726,8248	680,8090	-0,0259
8036	1068	1983	602,2374	647,8372	602,2035	-0,0339
8037	25	1996	577,6031	623,0658	577,5885	-0,0146
8037	102	1996	566,7325	612,0843	566,7185	-0,014
8134	100	1996	664,7497	710,9922	664,7325	-0,0172
8134	101	1996	685,2622	731,4857	685,2355	-0,0267

$$P(-0,0150 \leq \mu \leq 0,0016) = 90 \%$$

$$\sigma = 0,0152$$

$$P(-0,0167 \leq \mu \leq 0,0033) = 95 \%$$

$$\bar{x} = -0,0067$$

$$P(-0,0201 \leq \mu \leq 0,0068) = 99 \%$$

$$s_{\bar{x}} = 0,0049$$

Der Punkt 8338-0184 wurde zu 85 % als Ausreißer detektiert ($u = 1,5446$).

Die Fehlersuche zu dem Punkt 8338-0184 wurde bereits, in Kapitel 5.2, bei der Auswertung *Wa1, 30 Sekunden Messintervall*, durchgeführt. Nachdem Abschattung und DOP-Werte in Ordnung waren, ist der Fehler bei der Software vermutet worden.

Der Punkt 8237-0119 wurde zu 90 % als Ausreißer detektiert($u = 1,9709$).

Die Fehlersuche zu dem Punkt 8237-0119 wurde bereits in Kapitel 5.3, bei der Auswertung *Wa1, 30 Sekunden Messintervall*, durchgeführt. Dort wurde der Fehler, durch die DOP-Werte, bei der Satellitenkonstellation vermutet.

Der Punkt 8035-0158 wurde zu 90 % als Ausreißer detektiert($u = 1,7352$).

Die Fehlersuche zu dem Punkt 8035-0158 wurde bereits in Kapitel 5.4, bei der Auswertung *Wa2, 30 Sekunden Messintervall*, durchgeführt. Der Fehler wurde dabei über den GDOP, bei der Satellitenkonstellation vermutet.

Der Punkt 8036-1068 wurde zu 95 % als Ausreißer detektiert($u = 2,3672$).

Die Fehlersuche zu dem Punkt 8036-1068 wurde bereits in Kapitel 5.4, bei der Auswertung *Wa1, 30 Sekunden Messintervall*, durchgeführt. Dort kam ich zu dem Ergebnis, dass die Punktvermarkung wahrscheinlich bewegt worden ist.

Der Punkt 8134-0101 wurde zu 90 % als Ausreißer detektiert($u = 1,7951$).

Die Fehlersuche zu dem Punkt 8134-0101 wurde bereits in Kapitel 5.4, bei der Auswertung *Wa1, 30 Sekunden Messintervall*, durchgeführt. Hierbei bin ich ebenfalls davon ausgegangen, dass die Punktvermarkung, durch etwaige Krafteinflüsse, bewegt worden sein müsste.

Wa1, 30 Sekunden Messintervall, ohne Ausreißer 8338-0184, 8237-0119, 8035-0158, 8036-1068 und 8134-0101

TK	Nr.	Messjahr	H _{amtl.} [m]	h [m]	H _r [m]	ε [m]
8338	66	2007	993,2249	1040,0491	993,2320	0,0071
8338	172	2007	1132,0305	1178,8360	1132,0185	-0,0120
8338	176	2007	1205,5309	1252,3358	1205,5260	-0,0049
8338	190	2007	1449,7533	1496,5066	1449,7350	-0,0183
8338	191	2007	1450,4125	1497,1754	1450,4025	-0,0100
8338	192	2007	1044,2219	1091,0638	1044,2225	0,0006
8338	197	2007	1053,5812	1100,4471	1053,5910	0,0098
8338	199	2007	1070,1182	1116,9872	1070,1275	0,0093
8136	48	2009	743,6381	789,8086	743,6515	0,0134
8136	50	2009	755,6012	801,7960	755,6050	0,0038
8136	102	1996	698,1979	744,2396	698,1910	-0,0069
8137	10	1981	647,9183	693,8626	647,9225	0,0042
8137	67	1996	606,0886	651,8077	606,1015	0,0129
8137	90	1981	544,3523	590,2243	544,3605	0,0082
8137	106	1996	531,6991	577,4016	531,7140	0,0149
8137	119	1996	709,7612	755,5720	709,7650	0,0038
8237	91	1981	683,9896	730,0661	683,9880	-0,0016
8034	1112	1983	630,8322	676,9808	630,8185	-0,0137
8035	8	2009	609,7556	655,5158	609,7465	-0,0091
8035	63	1996	709,9852	755,9681	709,9770	-0,0082
8035	126	2009	652,6101	698,4763	652,5975	-0,0126
8037	25	1996	577,6031	623,0658	577,5885	-0,0146
8037	102	1996	566,7325	612,0843	566,7185	-0,014
8134	100	1996	664,7497	710,9922	664,7325	-0,0172

$$P(-0,0096 \leq \mu \leq 0,0050) = 90 \%$$

$$\sigma = 0,0107$$

$$P(-0,0111 \leq \mu \leq 0,0065) = 95 \%$$

$$\bar{x} = -0,0023$$

$$P(-0,0142 \leq \mu \leq 0,0097) = 99 \%$$

$$s_{\bar{x}} = 0,0043$$

Durch die Entfernung der Ausreißer wurde die Genauigkeit, der kompletten Messreihe, erhöht. Die Abweichung vom Mittelwert ist etwas höher, als bei den Auswertungen der einzelnen Gebiete. Hier wird, bei Wiederholungsmessungen, zu 95 % erwartet, dass die Abweichungen in einem Bereich von -1,11 cm bis 0,65 cm auftreten. Dieser Wertebereich befindet sich gut innerhalb der vorgeschriebenen Genauigkeit für GNSS-Messungen.

- Wa2, 30 Sekunden Messintervall

TK	Nr.	Messjahr	H _{amtl.} [m]	h [m]	H _T [m]	ε [m]
8338	66	2007	993,2249	1040,0536	993,2370	0,0121
8338	172	2007	1132,0305	1178,8576	1132,0400	0,0095
8338	176	2007	1205,5309	1252,3535	1205,5430	0,0121
8338	184	2007	1344,9653	1391,7804	1344,9720	0,0067
8338	190	2007	1449,7533	1496,5429	1449,7715	0,0182
8338	191	2007	1450,4125	1497,2131	1450,4400	0,0275
8338	192	2007	1044,2219	1091,0674	1044,2330	0,0111
8338	197	2007	1053,5812	1100,4556	1053,6000	0,0188
8338	199	2007	1070,1182	1116,9954	1070,1350	0,0168
8136	48	2009	743,6381	789,8180	743,6605	0,0224
8136	50	2009	755,6012	801,8073	755,6165	0,0153
8136	102	1996	698,1979	744,2472	698,1990	0,0011
8137	10	1981	647,9183	693,8659	647,9260	0,0077
8137	67	1996	606,0886	651,8130	606,1070	0,0184
8137	90	1981	544,3523	590,2199	544,3565	0,0042
8137	106	1996	531,6991	577,4002	531,7130	0,0139
8137	119	1996	709,7612	755,5855	709,7785	0,0173
8237	91	1981	683,9896	730,0655	683,9875	-0,0021
8237	119	1996	799,8640	846,1261	799,8360	-0,0280
8034	1112	1983	630,8322	676,9860	630,8230	-0,0092
8035	8	2009	609,7556	655,5182	609,7485	-0,0071
8035	63	1996	709,9852	755,9749	709,9840	-0,0012
8035	126	2009	652,6101	698,4808	652,6020	-0,0081
8035	158	1996	680,8349	726,8297	680,8140	-0,0209
8036	1068	1983	602,2374	647,8427	602,2095	-0,0279
8037	25	1996	577,6031	623,0714	577,5940	-0,0091
8037	102	1996	566,7325	612,0909	566,7245	-0,008
8134	100	1996	664,7497	710,9982	664,7380	-0,0117
8134	101	1996	685,2622	731,4923	685,2420	-0,0202

$$P(-0,0021 \leq \mu \leq 0,0076) = 90 \%$$

$$\sigma = 0,0153$$

$$P(-0,0031 \leq \mu \leq 0,0086) = 95 \%$$

$$\bar{x} = 0,0027$$

$$P(-0,0051 \leq \mu \leq 0,0106) = 99 \%$$

$$s_{\bar{x}} = 0,0029$$

Der Punkt 8338-0191 wurde zu 90 % als Ausreißer erkannt ($u = 1,8355$).

Die Fehlersuche zu dem Punkt 8338-0191 wurde bereits, in Kapitel 5.4 bei der Auswertung *Wa2, 30 Sekunden Messintervall*, durchgeführt. Als wahrscheinlichste

Fehlerursache habe ich hier, anhand des GDOP-Wertes, die Satellitenkonstellation bestimmt.

Der Punkt 8136-0048 wurde zu 80 % als Ausreißer erkannt ($u = 1,4647$).

Die Fehlersuche, zu dem Punkt 8136-0048, wurde bereits, in Kapitel 5.3, bei der Auswertung *Wa2, 30 Sekunden Messintervall*, durchgeführt. Hier wurde, anhand der Umgebungsbilder, eine starke Abschattung ermittelt, die am wahrscheinlichsten die große Abweichung, in der ausgewerteten Koordinate, verursacht hat.

Der Punkt 8237-0119 wurde zu 90 % als Ausreißer erkannt ($u = 1,8732$).

Die Fehlersuche, zu dem Punkt 8237-0119, wurde bereits, im Kapitel 5.3, bei der Auswertung *Wa1, 30 Sekunden Messintervall*, durchgeführt. Als wahrscheinlichste Fehlerquelle konnte ich dort die Satellitenkonstellation feststellen, da der GDOP hier höher als bei den anderen Messungen, der Messreihe, ausgefallen ist.

Der Punkt 8035-0158 wurde zu 80 % als Ausreißer erkannt ($u = 1,3596$).

Die Fehlersuche, zu dem Punkt 8035-0158, wurde bereits, im Kapitel 5.4, bei der Auswertung *Wa2, 30 Sekunden Messintervall*, durchgeführt. Der Fehler wurde dabei, über den GDOP, bei der Satellitenkonstellation vermutet.

Der Punkt 8036-1068 wurde zu 90 % als Ausreißer erkannt ($u = 1,8656$).

Die Fehlersuche, zu dem Punkt 8036-1068, wurde bereits, in Kapitel 5.4, bei der Auswertung *Wa1, 30 Sekunden Messintervall*, durchgeführt. Dort kam ich zu dem Ergebnis, dass die Punktvermarkung wahrscheinlich bewegt worden ist.

Wa2, 30 Sekunden Intervall, ohne Ausreißer 8338-0191, 8136-0048, 8237-0119, 8035-0158 und 8036-1068

TK	Nr.	Messjahr	H _{amtl.} [m]	h [m]	H _r [m]	ε [m]
8338	66	2007	993,2249	1040,0536	993,2370	0,0121
8338	172	2007	1132,0305	1178,8576	1132,0400	0,0095
8338	176	2007	1205,5309	1252,3535	1205,5430	0,0121
8338	184	2007	1344,9653	1391,7804	1344,9720	0,0067
8338	190	2007	1449,7533	1496,5429	1449,7715	0,0182
8338	192	2007	1044,2219	1091,0674	1044,2330	0,0111
8338	197	2007	1053,5812	1100,4556	1053,6000	0,0188
8338	199	2007	1070,1182	1116,9954	1070,1350	0,0168
8136	50	2009	755,6012	801,8073	755,6165	0,0153
8136	102	1996	698,1979	744,2472	698,1990	0,0011
8137	10	1981	647,9183	693,8659	647,9260	0,0077
8137	67	1996	606,0886	651,8130	606,1070	0,0184
8137	90	1981	544,3523	590,2199	544,3565	0,0042
8137	106	1996	531,6991	577,4002	531,7130	0,0139
8137	119	1996	709,7612	755,5855	709,7785	0,0173
8237	91	1981	683,9896	730,0655	683,9875	-0,0021
8034	1112	1983	630,8322	676,9860	630,8230	-0,0092
8035	8	2009	609,7556	655,5182	609,7485	-0,0071
8035	63	1996	709,9852	755,9749	709,9840	-0,0012
8035	126	2009	652,6101	698,4808	652,6020	-0,0081
8037	25	1996	577,6031	623,0714	577,5940	-0,0091
8037	102	1996	566,7325	612,0909	566,7245	-0,0008
8134	100	1996	664,7497	710,9982	664,7380	-0,0117
8134	101	1996	685,2622	731,4923	685,2420	-0,0202

$P(0,0004 \leq \mu \leq 0,0085) = 90 \%$

$\sigma = 0,0122$

$P(-0,0005 \leq \mu \leq 0,0093) = 95 \%$

$\bar{x} = 0,0044$

$P(-0,0022 \leq \mu \leq 0,0111) = 99 \%$

$s_{\bar{x}} = 0,0024$

Durch den Ausschluss der Ausreißer konnte die Genauigkeit, der Messreihe, wieder gesteigert werden. Die Abweichungen für Wiederholungsmessungen werden zu 95 % zwischen -0,05 cm und 0,93 cm geschätzt. Dieser Wertebereich liegt sehr gut innerhalb der festgelegten Genauigkeit, unter anderem, da die Messungen sehr kurz waren und deswegen eine zu erwartende Genauigkeit von ca. 1 cm, in der Höhe, recht gut ist.

Bei dem Vergleich der beiden 30 Sekunden Auswertungen ist das Ergebnis dasselbe wie bei der Auswertung der 30 Sekunden Daten der Messreihe *Vorgebirge*. Die

Genauigkeit der Wa1 Auswertung ist besser, aber die Streuung der Abweichungen um den Mittelwert ist bei Wa2 geringer.

▪ Wa1, 10 Sekunden Messintervall

TK	Nr.	Messjahr	H _{amtl.} [m]	h [m]	H _T [m]	ε [m]
8338	66	2007	993,2249	1040,0319	993,2155	-0,0094
8338	172	2007	1132,0305	1178,8099	1131,9925	-0,0380
8338	176	2007	1205,5309	1252,3167	1205,5070	-0,0239
8338	184	2007	1344,9653	1391,7291	1344,9210	-0,0443
8338	190	2007	1449,7533	1496,4922	1449,7200	-0,0333
8338	191	2007	1450,4125	1497,1554	1450,3825	-0,0300
8338	192	2007	1044,2219	1091,0351	1044,2005	-0,0214
8338	197	2007	1053,5812	1100,4685	1053,6120	0,0308
8338	199	2007	1070,1182	1116,9640	1070,1040	-0,0142
8136	48	2009	743,6381	789,8088	743,6515	0,0134
8136	50	2009	755,6012	801,7964	755,6055	0,0043
8136	102	1996	698,1979	744,2917	698,2435	0,0456
8137	10	1981	647,9183	693,8602	647,9205	0,0022
8137	67	1996	606,0886	651,8075	606,1015	0,0129
8137	90	1981	544,3523	590,2225	544,3590	0,0067
8137	106	1996	531,6991	577,3903	531,7025	0,0034
8137	119	1996	709,7612	755,5719	709,7650	0,0038
8237	91	1981	683,9896	730,0639	683,9860	-0,0036
8237	119	1996	799,8640	846,1026	799,8130	-0,0510
8034	1112	1983	630,8322	676,9807	630,8185	-0,0137
8035	8	2009	609,7556	655,5159	609,7465	-0,0091
8035	63	1996	709,9852	755,9682	709,9770	-0,0082
8035	126	2009	652,6101	698,4763	652,5970	-0,0131
8035	158	1996	680,8349	726,8252	680,8095	-0,0254
8036	1068	1983	602,2374	647,8372	602,2035	-0,0339
8037	25	1996	577,6031	623,0657	577,5885	-0,0146
8037	102	1996	566,7325	612,0859	566,7195	-0,013
8134	100	1996	664,7497	710,9906	664,7305	-0,0192
8134	101	1996	685,2622	731,4843	685,2340	-0,0282

$$P(-0,0180 \leq \mu \leq -0,0044) = 90 \%$$

$$\sigma = 0,0240$$

$$P(-0,0194 \leq \mu \leq -0,0030) = 95 \%$$

$$\bar{x} = -0,0112$$

$$P(-0,0223 \leq \mu \leq 0,0001) = 99 \%$$

$$s_{\bar{x}} = 0,0040$$

Der Punkt 8338-0172 wurde zu 85 % als Ausreißer detektiert($u = 1,6004$).



Süd

West

Nord

Ost

Abb. 9.1: Panorama Bildschnitt 360°-Ausblick von Punkt 8338-0172

Anhand des 360° Panoramas des Ausblickes, vom Punkt aus, ist keine große Abschattung erkennbar welche die große Abweichung des Höhenwertes erklären könnte.

Die VDOP-Werte sind im normalen Bereich, der GDOP-Wert geht jedoch, bei Spitzen, bis zu 2 hoch und somit kann die schlechtere Satellitenkonstellation den Fehler verursachen.

Der Punkt 8338-0184 wurde zu 90 % als Ausreißer detektiert($u = 1,8983$).

Die Fehlersuche, für den Punkt 8338-0184, wurde bereits, in Kapitel 5.2, bei der Auswertung *Wa1, 30 Sekunden Messintervall*, durchgeführt. Ich vermutete abschließend den Fehler bei der Auswertesoftware oder eine Verschiebung der Punktvermarkung.

Der Punkt 8338-0190 wurde zu 80 % als Ausreißer detektiert($u = 1,3873$).

Die Fehlersuche, für den Punkt 8338-0190, wurde bereits, in Kapitel 5.2, bei der Auswertung *Wa1, 30 Sekunden Messintervall*, durchgeführt. Der Fehler lag hierbei nicht bei Abschattung oder Satellitenkonstellation, deshalb bleibt nur noch die Software oder eine Veränderung der Punktvermarkung, als Fehlerquelle.

Der Punkt 8136-0102 wurde zu 90 % als Ausreißer detektiert($u = 1,9618$).

Die Fehlersuche, für den Punkt 8136-0102, wurde bereits, in Kapitel 5.3, bei der Auswertung *Wa1, 10 Sekunden Messintervall*, durchgeführt. Hier ließ sich klar, an den Bildern, eine starke Abschattung erkennen, die durch eine schlechte Satellitenkonstellation bestätigt worden ist.

Der Punkt 8237-0119 wurde zu 95 % als Ausreißer detektiert($u = 2,2345$).

Die Fehlersuche, für den Punkt 8237-0119, wurde bereits, in Kapitel 5.3, bei der Auswertung *Wa1, 30 Sekunden Messintervall*, durchgeführt. Hier ließ sich zwar keine starke Abschattung erkennen, allerdings ließ sich, am GDOP-Wert, eine schlechte Satellitenkonstellation erkennen, die wahrscheinlich den Fehler verursacht hat.

Der Punkt 8036-1068 wurde zu 80 % als Ausreißer detektiert($u = 1,4141$).

Die Fehlersuche, für den Punkt 8036-1068, wurde bereits, in Kapitel 5.4, bei der Auswertung *Wa1, 30 Sekunden Messintervall*, durchgeführt. Dort war keine Abschattung oder schlechte Satellitenkonstellation zu erkennen, aber anhand der Lage des Punktes, auf den Fotos, war eine Verschiebung der Punktvermarkung durch landwirtschaftliche Maschinen sehr wahrscheinlich.

Wa1, 10 Sekunden Messintervall, ohne Ausreißer 8338-0172, 8338-0184, 8338-0190, 8136-0102, 8237-0119 und 8036-1068

TK	Nr.	Messjahr	H _{amtl.} [m]	h [m]	H _r [m]	ε [m]
8338	66	2007	993,2249	1040,0319	993,2155	-0,0094
8338	176	2007	1205,5309	1252,3167	1205,5070	-0,0239
8338	191	2007	1450,4125	1497,1554	1450,3825	-0,0300
8338	192	2007	1044,2219	1091,0351	1044,2005	-0,0214
8338	197	2007	1053,5812	1100,4685	1053,6120	0,0308
8338	199	2007	1070,1182	1116,9640	1070,1040	-0,0142
8136	48	2009	743,6381	789,8088	743,6515	0,0134
8136	50	2009	755,6012	801,7964	755,6055	0,0043
8137	10	1981	647,9183	693,8602	647,9205	0,0022
8137	67	1996	606,0886	651,8075	606,1015	0,0129
8137	90	1981	544,3523	590,2225	544,3590	0,0067
8137	106	1996	531,6991	577,3903	531,7025	0,0034
8137	119	1996	709,7612	755,5719	709,7650	0,0038
8237	91	1981	683,9896	730,0639	683,9860	-0,0036
8034	1112	1983	630,8322	676,9807	630,8185	-0,0137
8035	8	2009	609,7556	655,5159	609,7465	-0,0091
8035	63	1996	709,9852	755,9682	709,9770	-0,0082
8035	126	2009	652,6101	698,4763	652,5970	-0,0131
8035	158	1996	680,8349	726,8252	680,8095	-0,0254
8037	25	1996	577,6031	623,0657	577,5885	-0,0146
8037	102	1996	566,7325	612,0859	566,7195	-0,013
8134	100	1996	664,7497	710,9906	664,7305	-0,0192
8134	101	1996	685,2622	731,4843	685,2340	-0,0282

$$P(-0,0128 \leq \mu \leq -0,0019) = 90 \%$$

$$\sigma = 0,0166$$

$$P(-0,0139 \leq \mu \leq -0,0008) = 95 \%$$

$$\bar{x} = -0,0074$$

$$P(-0,0163 \leq \mu \leq 0,0016) = 99 \%$$

$$s_{\bar{x}} = 0,0032$$

Durch das Entfernen der Ausreißer ist, bei dieser Messreihe, eine höhere Genauigkeit erreicht worden. Die Abweichungen, von Wiederholungsmessungen, werden, zu 95 %, im Bereich von -1,39 cm bis -0,008 cm erwartet. Dieser Bereich liegt innerhalb der SAPOS-Spezifikationen für die Genauigkeit, von GNSS-Auswertungen. Allerdings sind die Abweichungen von den Punkten 8035-0158 und 8134-0101, trotz des Umstandes, dass sie nicht als Ausreißer erkannt worden sind, außerhalb der Fehlergrenze die, für Flachland, bei 2 Zentimetern liegt.

Interessant zu sehen ist, dass die Genauigkeit hier, bei der Wa1 Auswertung, mit 10 Sekunden Intervalldaten, schlechter als bei der Wa1 Auswertung, mit 30-Sekunden-Intervalldaten, ist, eigentlich sollten diese, je mehr Messdaten zur Verfügung stehen,

genauer werden. Die Streuung um den Mittelwert nimmt jedoch, wie es normalerweise zu erwarten ist, ab.

▪ Wa2, 10 Sekunden Messintervall

TK	Nr.	Messjahr	H _{amtl.} [m]	h [m]	H _T [m]	ε [m]
8338	66	2007	993,2249	1040,0415	993,2250	0,0001
8338	172	2007	1132,0305	1178,8338	1132,0165	-0,0140
8338	176	2007	1205,5309	1252,3386	1205,5285	-0,0024
8338	184	2007	1344,9653	1391,7639	1344,9560	-0,0093
8338	190	2007	1449,7533	1496,5273	1449,7555	0,0022
8338	191	2007	1450,4125	1497,1876	1450,4145	0,0020
8338	192	2007	1044,2219	1091,0504	1044,2155	-0,0064
8338	197	2007	1053,5812	1100,4687	1053,6130	0,0318
8338	199	2007	1070,1182	1116,9778	1070,1180	-0,0002
8136	48	2009	743,6381	789,8094	743,6520	0,0139
8136	50	2009	755,6012	801,7971	755,6060	0,0048
8136	102	1996	698,1979	744,2921	698,2440	0,0461
8137	10	1981	647,9183	693,8606	647,9205	0,0022
8137	67	1996	606,0886	651,8079	606,1020	0,0134
8137	90	1981	544,3523	590,2226	544,3595	0,0072
8137	106	1996	531,6991	577,3906	531,7030	0,0039
8137	119	1996	709,7612	755,5722	709,7650	0,0038
8237	91	1981	683,9896	730,0640	683,9860	-0,0036
8237	119	1996	799,8640	846,1030	799,8130	-0,0510
8034	1112	1983	630,8322	676,9812	630,8185	-0,0137
8035	8	2009	609,7556	655,5160	609,7465	-0,0091
8035	63	1996	709,9852	755,9688	709,9770	-0,0082
8035	126	2009	652,6101	698,4765	652,5975	-0,0126
8035	158	1996	680,8349	726,8252	680,8095	-0,0254
8036	1068	1983	602,2374	647,8373	602,2040	-0,0334
8037	25	1996	577,6031	623,0658	577,5885	-0,0146
8037	102	1996	566,7325	612,0860	566,7200	-0,0125
8134	100	1996	664,7497	710,9911	664,7310	-0,0187
8134	101	1996	685,2622	731,4846	685,2345	-0,0277

$$P(-0,0104 \leq \mu \leq 0,0014) = 90 \%$$

$$\sigma = 0,0189$$

$$P(-0,0116 \leq \mu \leq 0,0026) = 95 \%$$

$$\bar{x} = -0,0045$$

$$P(-0,0141 \leq \mu \leq 0,0050) = 99 \%$$

$$s_{\bar{x}} = 0,0035$$

Der Punkt 8338-0197 wurde zu 90 % als Ausreißer detektiert($u = 1,7132$).

Die Fehlersuche für den Punkt 8338-0197 wurde bereits in Kapitel 5.2 bei der Analyse der Auswertung *Wa2, 10 Sekunden Messintervall*, durchgeführt. Dabei wurde durch schlechtere GDOP- und VDOP-Werte eine schlechte Satellitenkonstellation erkannt und als wahrscheinliche Fehlerquelle genannt.

Der Punkt 8136-0102 wurde zu 95 % als Ausreißer detektiert($u = 2,6471$).

Die Fehlersuche für den Punkt 8136-0102 wurde bereits, in Kapitel 5.3 bei der Auswertung *Wa1, 10 Sekunden Messintervall* durchgeführt. Hier ließ sich klar, an den Bildern, eine starke Abschattung erkennen, die durch eine schlechte Satellitenkonstellation bestätigt worden ist.

Der Punkt 8237-0119 wurde zu 99 % als Ausreißer detektiert($u = 3,0174$).

Die Fehlersuche für den Punkt 8237-0119 wurde bereits, in Kapitel 5.3, bei der Auswertung *Wa1, 30 Sekunden Messintervall* durchgeführt. Hier ließ sich zwar keine starke Abschattung erkennen, allerdings ließ sich am GDOP-Wert eine schlechte Satellitenkonstellation erkennen, die wahrscheinlich den Fehler verursacht hat.

Der Punkt 8035-0158 wurde zu 80 % als Ausreißer detektiert($u = 1,3422$).

Die Fehlersuche zu dem Punkt 8035-0158 wurde bereits im Kapitel 5.4, bei der Auswertung *Wa2, 30 Sekunden Messintervall*, durchgeführt. Der Fehler wurde dabei über den GDOP, bei der Satellitenkonstellation vermutet.

Der Punkt 8036-1068 wurde zu 90 % als Ausreißer detektiert($u = 1,8095$).

Die Fehlersuche für den Punkt 8036-1068 wurde bereits, in Kapitel 5.4, bei der Auswertung *Wa1, 30 Sekunden Messintervall* durchgeführt. Dort war keine Abschattung oder schlechte Satellitenkonstellation zu erkennen, aber anhand der Lage des Punktes, auf den Fotos, war eine Verschiebung der Punktvermarkung durch landwirtschaftliche Maschinen sehr wahrscheinlich.

Der Punkt 8134-0101 wurde zu 80 % als Ausreißer detektiert($u = 1,4731$).

Die Fehlersuche zu dem Punkt 8134-0101 wurde bereits in Kapitel 5.4, bei der Auswertung *Wa1, 30 Sekunden Messintervall*, durchgeführt. Hierbei bin ich ebenfalls

davon ausgegangen, dass die Punktvermarkung, durch etwaige Krafteinflüsse bewegt worden sein müsste.

Wa2, 10 Sekunden Messintervall, ohne Ausreißer 8338-0197, 8136-0102, 8237-0119, 8035-0158, 8036-1068 und 8134-0101

TK	Nr.	Messjahr	H _{amtl.} [m]	h [m]	H _T [m]	ε [m]
8338	66	2007	993,2249	1040,0415	993,2250	0,0001
8338	172	2007	1132,0305	1178,8338	1132,0165	-0,0140
8338	176	2007	1205,5309	1252,3386	1205,5285	-0,0024
8338	184	2007	1344,9653	1391,7639	1344,9560	-0,0093
8338	190	2007	1449,7533	1496,5273	1449,7555	0,0022
8338	191	2007	1450,4125	1497,1876	1450,4145	0,0020
8338	192	2007	1044,2219	1091,0504	1044,2155	-0,0064
8338	199	2007	1070,1182	1116,9778	1070,1180	-0,0002
8136	48	2009	743,6381	789,8094	743,6520	0,0139
8136	50	2009	755,6012	801,7971	755,6060	0,0048
8137	10	1981	647,9183	693,8606	647,9205	0,0022
8137	67	1996	606,0886	651,8079	606,1020	0,0134
8137	90	1981	544,3523	590,2226	544,3595	0,0072
8137	106	1996	531,6991	577,3906	531,7030	0,0039
8137	119	1996	709,7612	755,5722	709,7650	0,0038
8237	91	1981	683,9896	730,0640	683,9860	-0,0036
8034	1112	1983	630,8322	676,9812	630,8185	-0,0137
8035	8	2009	609,7556	655,5160	609,7465	-0,0091
8035	63	1996	709,9852	755,9688	709,9770	-0,0082
8035	126	2009	652,6101	698,4765	652,5975	-0,0126
8037	25	1996	577,6031	623,0658	577,5885	-0,0146
8037	102	1996	566,7325	612,0860	566,7200	-0,0125
8134	100	1996	664,7497	710,9911	664,7310	-0,0187

$P(-0,0064 \leq \mu \leq 0,0001) = 90 \%$

$\sigma = 0,0094$

$P(-0,0071 \leq \mu \leq 0,0008) = 95 \%$

$\bar{x} = -0,0031$

$P(-0,0085 \leq \mu \leq 0,0022) = 99 \%$

$s_{\bar{x}} = 0,0019$

Durch die Entfernung der Ausreißer konnte die Standardabweichung der Messreihe, sowie die Standardabweichung des Mittelwertes, um knapp die Hälfte gesenkt werden. Die Abweichungen, bei Wiederholungsmessungen, werden zu 95 % im Bereich von 0,71 cm bis zu 0,08 cm erwartet, dieser Wertebereich liegt bestens innerhalb der geforderten Genauigkeit.

In diesem Kapitel konnte diese Auswertung die besten Ergebnisse erzielen. Die Standardabweichung ist um einige Millimeter kleiner als die nächste von *Wa1*, 30 Sekunden Messintervall und die Verteilung der Abweichungen streut weniger, was man an der Standardabweichung vom Mittelwert deutlich sehen kann, denn dieser ist mit, einer der kleinste Werte.

Was mich an der Auswertung etwas irritiert hat, waren die verschiedensten Zuweisungen der Ausreißer beim Ausreißertest nach Heck. Im Vergleich zu der Bachelorarbeit von Herrn Traurig, werden die Ausreißer, augenscheinlich, ohne jede logische Verteilung, durch die gesamte Analyse hindurch und es wurden auch immer wieder neue detektiert. Zumindest wurde dadurch eindeutig sichtbar, dass sich starke Änderungen in der Software ergeben haben.

Was ebenfalls durch die ganze Analyse hindurch erkennbar war, waren die schlechten Werte der 4 Stunden Messungen aus den Gebieten, eigentlich sollten diese mit viel Höherer Genauigkeit als die 20 Minuten Messungen berechnet werden, aber der Gegenteil war der Fall, sie haben viel mehr durch ihre, teilweise richtig großen Fehler, bei dem Ausreißertest, eine gute Erkennung der anderen Ausreißer verhindert.

5.6 Vergleich der Analysen

- Vor dem eigentlichen Vergleich, werde ich noch kurz die Auswertungen der vier-Stunden-Messungen, mit 30 Sekunden Messintervall, untereinander Vergleichen.

Wa1, 4h, 10 Sekunden Messintervall

TK	Nr.	Messjahr	H _{amtl.} [m]	h [m]	H _T [m]	ε [m]
8338	197	2007	1053,5812	1100,4685	1053,6120	0,0308
8237	119	1996	799,8640	846,1026	799,8130	-0,0510
8035	63	1996	709,9852	755,9682	709,9770	-0,0082

$$\sigma = 0,0347$$

$$\bar{x} = -0,0095$$

$$s_{\bar{x}} = 0,0236$$

Hier treten deutlich die Abweichungen der beiden 4-h-Messungen aus dem Vorgebirge und dem Hügelland hervor. Die beiden Auswertungen sind mit 3 cm im Vorgebirge noch im Genauigkeitsbereich von kurzzeit-GNSS-Messungen und mit knapp über 5 cm im Hügelland nicht einmal mehr darin. Die Messung aus dem Flachland ist mit knapp einem Zentimeter Abweichung, in der Höhe, die einzige Auswertung mit einem logischen, gut verwertbaren Ergebnis.

Wa2, 4h, 10 Sekunden Messintervall

TK	Nr.	Messjahr	H _{amtl.} [m]	h [m]	H _T [m]	ε [m]
8338	197	2007	1053,5812	1100,4687	1053,6130	0,0318
8237	119	1996	799,8640	846,1030	799,8130	-0,0510
8035	63	1996	709,9852	755,9688	709,9770	-0,0082

$$\sigma = 0,0350$$

$$\bar{x} = -0,0091$$

$$s_{\bar{x}} = 0,0239$$

Zwischen Wa1 und Wa2 ist hier, bis auf die 10 mm schlechter bei Wa2 im Bergland, kein Unterschied zu Erkennen.

Bei beiden Messungen ist ein schlechter GDOP-Wert, also eine schlechte Satellitenkonstellation, als Grund für den Fehler, angenommen worden.

- Für den Vergleich werde ich jeweils, in den 30 Sekunden Messintervalldaten und den 10 Sekunden Messintervalldaten, Wa1 und Wa2 mit den Konfidenzintervallen der Standardabweichung und noch zusätzlich der Standardabweichung des Mittelwertes, gegenüber stellen. Hierfür werden nur die Daten ohne Ausreißer genutzt.

- 30 Sekunden Messintervall

Vorgebirge:

Wa1: $P(-0,0085 \leq \mu \leq 0,0084) = 95 \% \quad \sigma = 0,85 \text{ cm} \quad s_{\bar{x}} = 0,35 \text{ cm}$

Wa2: $P(0,0095 \leq \mu \leq 0,0168) = 95 \% \quad \sigma = 1,38 \text{ cm} \quad s_{\bar{x}} = 0,15 \text{ cm}$

Hügelland:

Wa1: $P(0,0003 \leq \mu \leq 0,0114) = 95 \% \quad \sigma = 0,90 \text{ cm} \quad s_{\bar{x}} = 0,24 \text{ cm}$

Wa2: $P(0,0029 \leq \mu \leq 0,0160) = 95 \% \quad \sigma = 1,20 \text{ cm} \quad s_{\bar{x}} = 0,28 \text{ cm}$

Flachland:

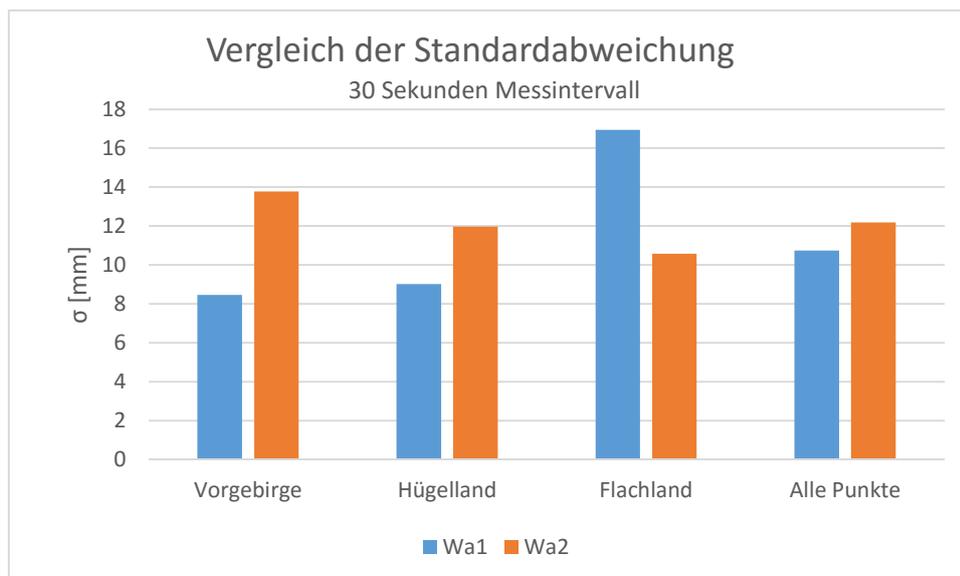
Wa1: $P(-0,0208 \leq \mu \leq -0,0107) = 95 \% \quad \sigma = 1,69 \text{ cm} \quad s_{\bar{x}} = 0,22 \text{ cm}$

Wa2: $P(-0,0138 \leq \mu \leq -0,0049) = 95 \% \quad \sigma = 1,06 \text{ cm} \quad s_{\bar{x}} = 0,19 \text{ cm}$

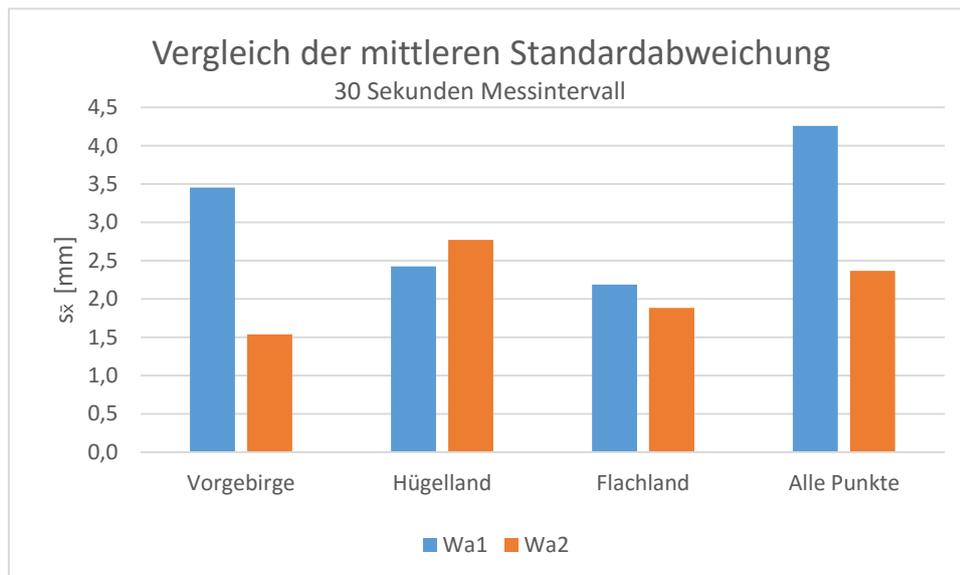
Alle Punkte:

Wa1: $P(-0,0111 \leq \mu \leq 0,0065) = 95 \% \quad \sigma = 1,07 \text{ cm} \quad s_{\bar{x}} = 0,43 \text{ cm}$

Wa2: $P(-0,0005 \leq \mu \leq 0,0093) = 95 \% \quad \sigma = 1,22 \text{ cm} \quad s_{\bar{x}} = 0,24 \text{ cm}$



Bei den Auswertungen mit 30 Sekunden Messintervall Daten ist, an dem Diagramm der Standardabweichungen, zu sehen, dass Wa1, bis auf in der Auswertung des Flachlandes, immer um wenige Millimeter besser abschneidet und somit eine höhere Genauigkeit aufweist, als Wa2. Es ist außerdem noch zu sehen, dass die Genauigkeit von Wa1, je flacher das Messgebiet wird, immer weiter abnimmt. Bei Wa2 nimmt diese jedoch, gegenläufig, zu. Die Genauigkeit der gesammelten Punkte weist hier keinen wesentlichen Unterschied, zwischen beiden Auswertetypen, auf.



Die Standardabweichung vom Mittelwert gibt über das Streuverhalten der Punkte, um ihren Mittelwert, Auskunft. Je kleiner die mittlere Standardabweichung, desto weniger streuen die Ergebnisse. In dem Diagramm der mittleren Standardabweichung zeigt sich, dass die Ergebnisse der Auswertung mit Wa2 überwiegend ein besseres Streuverhalten besitzen, als die Ergebnisse aus Wa1. Dies wird auch anhand der Konfidenzintervalle, die bei Wa2 meist näher zusammen liegen, als bei Wa1, deutlich. Zudem liegen die Bereiche der zu erwartenden Abweichungen alle innerhalb von $\pm 2\text{cm}$ und somit innerhalb der vorgegebenen Genauigkeiten.

- 10 Sekunden Messintervall

Vorgebirge:

Wa1: $P(-0,0356 \leq \mu \leq 0,0007) = 95 \%$ $\sigma = 2,67 \text{ cm}$ $s_{\bar{x}} = 0,77 \text{ cm}$ Wa2: $P(-0,0084 \leq \mu \leq 0,0014) = 95 \%$ $\sigma = 0,65 \text{ cm}$ $s_{\bar{x}} = 0,21 \text{ cm}$

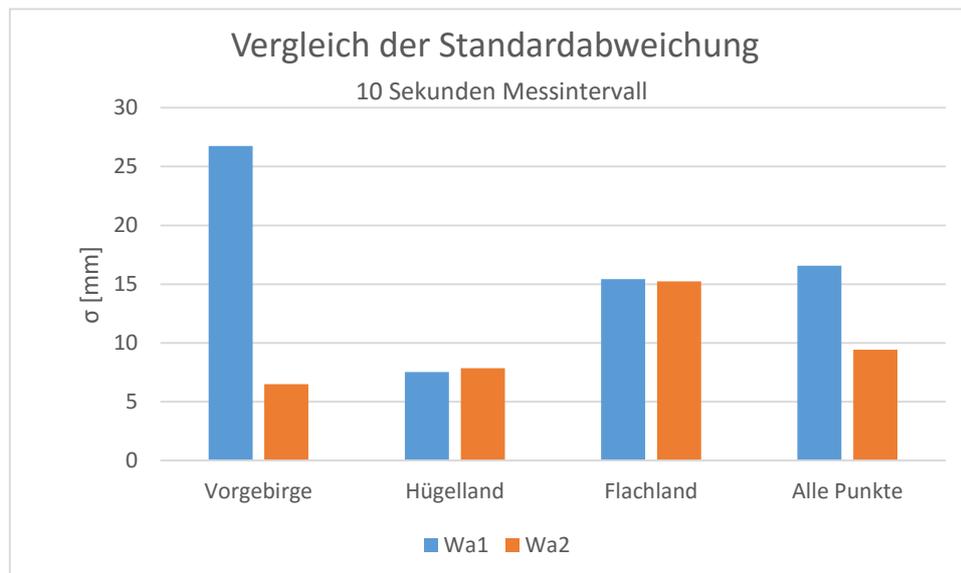
Hügelland:

Wa1: $P(0,0007 \leq \mu \leq 0,0101) = 95 \%$ $\sigma = 0,75 \text{ cm}$ $s_{\bar{x}} = 0,20 \text{ cm}$ Wa2: $P(0,0009 \leq \mu \leq 0,0105) = 95 \%$ $\sigma = 0,79 \text{ cm}$ $s_{\bar{x}} = 0,20 \text{ cm}$

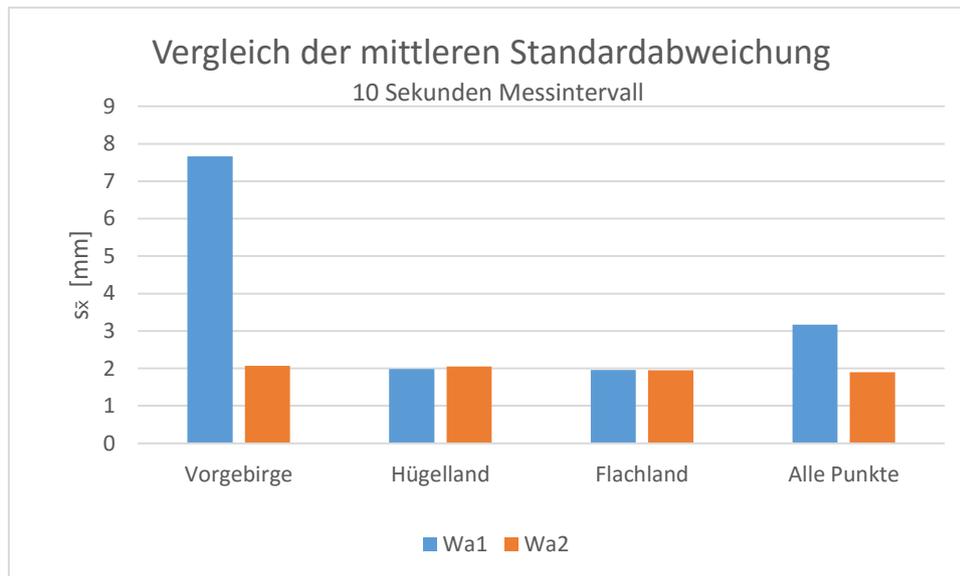
Flachland:

Wa1: $P(-0,0192 \leq \mu \leq -0,0099) = 95 \%$ $\sigma = 1,54 \text{ cm}$ $s_{\bar{x}} = 0,20 \text{ cm}$ Wa2: $P(-0,0190 \leq \mu \leq -0,0097) = 95 \%$ $\sigma = 1,53 \text{ cm}$ $s_{\bar{x}} = 0,20 \text{ cm}$

Alle Punkte:

Wa1: $P(-0,0139 \leq \mu \leq -0,0008) = 95 \%$ $\sigma = 1,66 \text{ cm}$ $s_{\bar{x}} = 0,32 \text{ cm}$ Wa2: $P(-0,0071 \leq \mu \leq 0,0008) = 95 \%$ $\sigma = 0,94 \text{ cm}$ $s_{\bar{x}} = 0,19 \text{ cm}$ 

In der Analyse der 10 Sekunden Intervalldaten hat sich meine Prognose zur Genauigkeit der Auswertergebnisse zwischen Wa1 und Wa2 wiedergespiegelt. So ist Wa2, in dem Messgebiet *Vorgebirge*, um einiges besser als Wa1. In den anderen Gebieten ist kein signifikanter Höhenunterschied, zwischen den beiden Auswertungen, zu erkennen. Die Standardabweichung aus *allen Punkten* zeigt ebenfalls eine höhere Genauigkeit von Wa2 auf.



In dem Diagramm, der Standardabweichung des Mittelwertes, kann man gut erkennen, dass bei den Wa2-Ergebnissen, im Messgebiet *Vorgebirge*, weniger Streuung auftritt, als bei den Wa1-Ergebnissen. Dadurch lassen sich Messungen auf einem Punkt eher, mit ähnlicher Genauigkeit, wiederholen und das Ausreißerrisiko nimmt ab. In den Gebieten *Hügelland* und *Flachland* zeigen sich in der Standardabweichung vom Mittelwert keine signifikanten Unterschiede, diese sind allerdings mit ca. 2 mm schon sehr gut. Die Ergebnisse der Wa2 Auswertung sind den beiden Gebieten angepasst, Wa1 reißt dort jedoch, auf knapp 8 mm, aus.

- Vergleich zwischen 10 und 30 Sekunden Daten

Anscheinend sind in den 20 minütigen Beobachtungsdaten mit 30 Sekunden Messintervall für eine Wa2 noch zu wenige Daten für eine effiziente Auswertung vorhanden, weshalb es bei der Standardabweichung nahezu im kompletten Gebiet schlechter abschneidet. Das Streuverhalten bei den 30 Sekunden Daten von Wa2 zeigt allerdings auch dort schon einen Hang zum besseren und schneidet dort auch teilweise schon, im Vergleich zu Wa1, besser ab.

Bei den 10 Sekunden Daten hatte Wa1 anscheinend genügend Daten, für eine effiziente Auswertung, dies zeigt sich vor allem in dem Diagramm der Standardabweichung, im Gebiet *Vorgebirge*. Auch die Standardabweichung des Mittelwertes ist in diesem Gebiet und somit auch über alle Punkte, besser als bei Wa1. Außerdem ist es interessant, dass sie bei Wa2, in allen Messreihen, auf einem konstanten, sehr guten, Niveau ist.

5.7 Tabelle der t-Verteilung

t-Verteilung nach Student

einseitiger Test: $p=1-\alpha$ zweiseitiger Test: $p=1-\alpha/2$

p=	0,900	0,925	0,950	0,975	0,995
f= 1	3,0777	4,1653	6,3138	12,7062	63,6567
2	1,8856	2,2819	2,9200	4,3027	9,9248
3	1,6377	1,9243	2,3534	3,1824	5,8409
4	1,5332	1,7782	2,1318	2,7764	4,6041
5	1,4759	1,6994	2,0150	2,5706	4,0321
6	1,4398	1,6502	1,9432	2,4469	3,7074
7	1,4149	1,6166	1,8946	2,3646	3,4995
8	1,3968	1,5922	1,8595	2,3060	3,3554
9	1,3830	1,5737	1,8331	2,2622	3,2498
10	1,3722	1,5592	1,8125	2,2281	3,1693
11	1,3634	1,5476	1,7959	2,2010	3,1058
12	1,3562	1,5380	1,7823	2,1788	3,0545
13	1,3502	1,5299	1,7709	2,1604	3,0123
14	1,3450	1,5231	1,7613	2,1448	2,9768
15	1,3406	1,5172	1,7531	2,1314	2,9467
16	1,3368	1,5121	1,7459	2,1199	2,9208
17	1,3334	1,5077	1,7396	2,1098	2,8982
18	1,3304	1,5037	1,7341	2,1009	2,8784
19	1,3277	1,5002	1,7291	2,0930	2,8609
20	1,3253	1,4970	1,7247	2,0860	2,8453
21	1,3232	1,4942	1,7207	2,0796	2,8314
22	1,3212	1,4916	1,7171	2,0739	2,8188
23	1,3195	1,4893	1,7139	2,0687	2,8073
24	1,3178	1,4871	1,7109	2,0639	2,7969
25	1,3163	1,4852	1,7081	2,0595	2,7874
26	1,3150	1,4834	1,7056	2,0555	2,7787
27	1,3137	1,4817	1,7033	2,0518	2,7707
28	1,3125	1,4801	1,7011	2,0484	2,7633
29	1,3114	1,4787	1,6991	2,0452	2,7564
30	1,3104	1,4774	1,6973	2,0423	2,7500

Diese Tabelle wurde mit der Excel Funktion tINV erstellt.

6 Zusammenfassung

6.1 Fazit

Meine Aufgabe in dieser Arbeit war, das neue Standardtroposphärenmodell, welches in dem Modul WaSoft, zur Onlineauswertung von GNSS-Messungen, im Postprocessingservice, von SAPOS Bayern, benutzt wird, anhand einer manuellen Postprocessing-Auswertung, aus vorhandenen Beobachtungsdaten, zu überprüfen. Die Gegenüberstellung der neuen Softwareversion, mit dem verbesserten Troposphärenmodell und der alten Softwareversion, lieferte die erwartete Verbesserung der Höhenkomponente, in Gebieten, in welchen große Höhenunterschiede, zwischen Messrover und Referenzstationen, auftreten können.

Bei der Auswertung wurden sich nicht nur die beiden Softwareversionen gegenübergestellt, es wurden auch verschiedene Referenzdaten, jeweils mit 10 und 30 Sekunden Messintervall, verwendet. Hierbei bringen die 10 Sekunden Daten das Dreifache an Beobachtungsdaten mit sich. Bei der Analyse der Ergebnisse aus den 30 Sekunden Intervall Messreihen wiesen, in drei von vieren davon, die Auswertung mit Wa1, eine höhere Genauigkeit, im Millimeterbereich, auf. Bei den 10 Sekunden Messintervallen war dies andersherum, daraus habe ich geschlossen, dass bei den 30 Sekunden Daten, bei 20 Minuten Messzeitraum, die Menge an Beobachtungsdaten für eine effektive Auswertung, durch Wa2, nicht ausreicht. Über die gesamte Auswertung konnte man anhand der Konfidenzintervalle und der jeweiligen Standardabweichung vom Mittelwert erkennen, dass die Ergebnisse aus den Auswertungen mit Wa2 ein besseres Streuverhalten aufwiesen und somit eine präzisere Wiederholbarkeit, für Messungen, vorliegt.

Weiter ist mir bei der Auswertung aufgefallen, dass von drei ausgeführten 4-Stunden-Messungen zwei Messungen zu hohe Abweichungen, in Relation zu der langen Messdauer, hatten. Die Höhengenaugkeit für längere Messungen liegt, nach Kapitel 2.2, bei 1 – 2 Zentimetern und wurde somit, im Messgebiet *Vorgebirge* um 1 cm und im *Hügelland* sogar um 3 cm, überschritten.

Die Beobachtungsdaten, die ich für meine Arbeit benutzt hatte, waren nicht perfekt. Nach meiner Analyse waren die Beobachtungsdaten, mit 30 Sekunden Messintervall, die ich zu Beginn alleinig zur Verfügung hatte, sogar, für eine effektive Auswertung mit dem Wa2 Modul, zu wenig. Und auch die dazugekommenen Daten mit 10 Sekunden Messintervall waren nicht einwandfrei, da sie durch das Teilmodul wav, der WaSoft, erstellt worden und nicht mit der neuen wav2 Version, die ebenfalls das neue Standard-Troposphärenmodell benutzt. Allerdings wird mit der Analyse aus dieser Arbeit, trotz der zusammengewürfelten Auswertedateien, meiner Meinung nach, durchaus die Güte der neuen Softwareversion klar. Natürlich wäre ich auch daran interessiert, wie die Ergebnisse, mit 100 prozentiger Auswertung, durch das neue Softwaremodul, ausgesehen hätten.

Abschließend lässt sich sagen, dass mit dieser Arbeit sehr gute Ergebnisse erzielt worden sind, da die erwartete Verbesserung, im neuen Softwaremodul, durch die Analyse, zu Tage getreten ist und somit das Ziel der Arbeit erreicht wurde.

Die Bearbeitung hat mir sehr viel Spaß gemacht und ich konnte dadurch wieder mein Wissen über den Bereich Satellitenpositionierung und meine Programmierkenntnisse auffrischen und auch ein wenig erweitern. Ich hoffe, dass ich mein, durch diese Arbeit angeeignetes Wissen und meine Kenntnisse in Zukunft in der Praxis anwenden kann.

6.2 Ausblick

GNSS-Systeme werden immer weiter aufgebaut und verbessert, ein Beispiel dafür ist Galileo, das derzeit im Start befindliche, neue GNSS-System, Europas. Dieses Jahr noch, soll Galileo, mit *Early Services*, Nutzern zur Verfügung gestellt werden. Es wird sehr spannend, welche Genauigkeiten sich damit erreichen werden lassen können.

Durch immer bessere und auch günstigere Empfänger, stehen GNSS-Systeme jetzt schon einer ganzen Palette von verschiedenen Anwendern zur Verfügung und es werden auch, immer weiter, neue Nutzer und Anwendungsgebiete dazu kommen. Die Suche von Anwendungsgebieten wird auch international unterstützt und gefördert,

zum Beispiel durch die *EUROPEAN SATELLITE NAVIGATION COMPETITION(ESNC)*¹².

Für die Vermessungsverwaltung ist die Steigerung der Genauigkeit von GNSS-Systemen ebenfalls sehr interessant, da primäre Hauptaufgaben, wie die Erstellung des Höhenfestpunktefeldes, die noch durch mühevoll und zeitaufwendige Arbeit, mit terrestrischer Messung, hier mit dem Präzisionsnivellier, ausgeführt werden, durch wirtschaftlichere, schnellere GNSS-Messungen abgelöst werden könnten.

6.3 Danksagung

Hier, am Ende meiner Bachelorarbeit, möchte ich mich herzlichst, bei all denjenigen Bedanken, die mich bei dieser Arbeit unterstützt haben und mir das nötige Handwerkszeug dafür, beigebracht haben.

Besonderer Dank gilt meinen Betreuern, Herrn Wolfgang Hübner, von der Hochschule München und Herrn Andreas Brünner, vom Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung, Leiter der Abteilung SAPOS, in München.

Des Weiteren danke ich noch der kompletten Abteilung SAPOS, aus dem LDBV, in München, die bei der Akquisition der Daten geholfen und geduldig alle meine Fragen beantwortet haben.

Zuletzt danke ich noch meinen Professoren, aus der Hochschule München, die mir das nötige Fachwissen, in der Geoinformatik, welches ich heute besitze, beigebracht haben.

¹² <http://www.esnc.eu/index.php?anzeige=home.html>

7 Literatur – und Internetquellenverzeichnis

Literatur

- Traurig Josef (2014): Bachelorarbeit *Bestimmung von Normalhöhen mit GNSS Messungen und dem Quasigeoidmodell GCG 2011 auf ausgewählten Höhenfestpunkten*, Bachelorarbeit an der Hochschule München
- Hübner Wolfgang (2014): *Satellitenpositionierung 1*, Vorlesungsskript der Hochschule München, im Wintersemester 2013/2014
- Hübner Wolfgang (2014): *Satellitenpositionierung II*, Vorlesungsskript der Hochschule München, im Sommersemester 2014
- Lothar Georg (2012): *Mathematik für Geodäten Teil2 Statistik Einführung in die mathematische Statistik*, Vorlesungsskript der Hochschule München

Onlinequellen

- Die Geschichte Von GPS
<http://media2mult.uni-osnabrueck.de/pmwiki/fields/wp13/index.php?n=Navigation.DieGeschichteVonGPS>
Aufgerufen am 03.04.2016
- Globales Navigationssatellitensystem
https://de.wikipedia.org/wiki/Globales_Navigationssatellitensystem
Aufgerufen am 03.04.2016
- Vom Peilsender bis zu Galileo
http://www.bg-special.com/download/BGS_16-21.pdf
Aufgerufen am 03.04.2016
- Leica AT 504 GG Chockingantenne
http://hds.leica-geosystems.com/en/Leica-AT504-GG-Choke-RingAntenna_4601.htm
Aufgerufen am 18.03.2016

- Leica GPS1200+ Series
http://www.pasi.ca/images/GPS1200_brochure_en.pdf
Aufgerufen am 18.03.2016
- Digitalnivellier NA3000
http://www.leica-geosystems.de/downloads123/de/levels/general/manuals/NA2002_3000_de.pdf
Aufgerufen am 18.03.2016
- SAPOS – Dienste
<https://sapos.bayern.de/service.php>
Aufgerufen am 30.03.2016
- SAPOS-Genauigkeiten
http://www.geobasis-bb.de/geodaten/sapos_index.html
Aufgerufen am 30.03.2016
- European Satellite Navigation Competition 2016
<http://www.esnc.eu/index.php?anzeige=home.html>
Aufgerufen am 03.04.2016
- Abb. 5: Veranschaulichung zur Güte von Satellitenkonstellationen
<http://www.sapos-bw.de/img/dop.PNG>
Aufgerufen am 03.04.2016

8 Anhang

8.1 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: SAPOS-Referenzantenne bei Eichstätt	4
Abb. 2: Vergleich der zwei Auswertemodule Wa1 und Wa2	8
Abb. 3: Messausrüstung von SAPOS Bayern	9
Abb. 4: Notepad Ausschnitt einer .bat-Datei	16
Abb. 5: Veranschaulichung zur Güte von Satellitenkonstellationen	22
Abb. 6: Punktdarstellung Messreihe Vorgebirge(Google Earth)	24
Abb. 6.1: 360° Panorama-Montage der Aussicht von Punkt 8338-0184	25
Abb. 6.2: 360° Panorama, Aussicht von Punkt 8338-0190	26
Abb. 6.3: 360° Panorama, Aussicht von Punkt 8338-0191	27
Abb. 6.4: 360° Panorama, Aussicht von Punkt 8338-0197	30
Abb. 7: Punktdarstellung Messreihe Hügelland(Google Earth)	33
Abb. 7.1: Ausblick von Punkt 8237-0119...	34
Abb. 7.2: Ausblick von Punkt 8136-0048...	36
Abb. 7.3: Ausblick von Punkt 8136-0102...	39
Abb. 8: Punktdarstellung Messreihe Hügelland(Google Earth)	43
Abb. 8.1: Ausblick von Punkt 8036-1068...	44
Abb. 8.2: Ausblick von Punkt 8035-0158...	46
Abb. 8.3: Aussicht von Punkt 8134-0101...	48
Abb. 8.4: Aussicht von Punkt 8134-0101 in Richtung Westen	49
Abb. 9: Punktdarstellung aller Punkte der gesamten Gebiete(Google Earth)	52
Abb. 9.1: Panorama Bildschnitt 360°-Ausblick von Punkt 8338-0172	60

8.2 Tabellenverzeichnis

Vorgebirge

• Wa1, 30 Sekunden Messintervall	24
• Wa1, 30 Sekunden Messintervall, ohne Ausreißer... ..	26
• Wa2, 30 Sekunden Messintervall	27
• Wa2, 30 Sekunden Messintervall, ohne Ausreißer... ..	28
• Wa1, 10 Sekunden Messintervall	28
• Wa1, 10 Sekunden Messintervall, ohne Ausreißer... ..	29
• Wa2, 10 Sekunden Messintervall	30
• Wa2, 10 Sekunden Messintervall, ohne Ausreißer... ..	31

Hügelland

• Wa1, 30 Sekunden Messintervall	33
• Wa1, 30 Sekunden Messintervall, ohne Ausreißer... ..	35
• Wa2, 30 Sekunden Messintervall	35
• Wa2, 30 Sekunden Messintervall, ohne Ausreißer... ..	37
• Wa1, 10 Sekunden Messintervall	38
• Wa1, 10 Sekunden Messintervall, ohne Ausreißer... ..	40
• Wa2, 10 Sekunden Messintervall	41
• Wa2, 10 Sekunden Messintervall, ohne Ausreißer... ..	42

Flachland

• Wa1, 30 Sekunden Messintervall	43
• Wa1, 30 Sekunden Messintervall, ohne Ausreißer... ..	45
• Wa2, 30 Sekunden Messintervall	45
• Wa2, 30 Sekunden Messintervall, ohne Ausreißer... ..	47
• Wa1, 10 Sekunden Messintervall	48
• Wa1, 10 Sekunden Messintervall, ohne Ausreißer... ..	50
• Wa2, 10 Sekunden Messintervall	50
• Wa2, 10 Sekunden Messintervall, ohne Ausreißer... ..	51

Alle Punkte

• Wa1, 30 Sekunden Messintervall	53
• Wa1,, 30 Sekunden Messintervall, ohne Ausreißer... ..	55
• Wa2, 30 Sekunden Messintervall	56
• Wa2, 30 Sekunden Messintervall, ohne Ausreißer... ..	58
• Wa1, 10 Sekunden Messintervall	59
• Wa1, 10 Sekunden Messintervall, ohne Ausreißer... ..	62
• Wa2, 10 Sekunden Messintervall	63
• Wa2, 10 Sekunden Messintervall, ohne Ausreißer... ..	65

Vergleich der Analysen

• Wa1, 4h, 10 Sekunden Messintervall	66
• Wa2, 4h, 10 Sekunden Messintervall	67

8.3 Diagrammverzeichnis

• Vergleich der Standardabweichung, 30 Sekunden Messintervall	68
• Vergleich der mittleren Standardabweichung, 30 Sekunden... ..	69
• Vergleich der Standardabweichung, 10 Sekunden Messintervall	70
• Vergleich der mittleren Standardabweichung, 10 Sekunden... ..	71

8.4 verwendete Software

- WaSoft, Version 1.3.h
- WaSoft, Version 2.1.0

8.5 Abkürzungsverzeichnis

GNSS	Global Navigation Satellite System
NAVSTAR GPS	Navigational Satellite Timing and Ranging – Global Positioning System
GLONASS	Global Navigation Satellite System, GNSS-System Russlands
GCG2011	German Combined Quasigeoid 2011
GPPS-PrO	Geodätischer Postprocessing Positionierungs-Service – Processing Online
SAPOS	Satellitenpositionierungsdienst der deutschen Landesvermessung
LDBV	Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung
DGNSS	Differentielles Globales Navigations Satellitensystem
ETRS89	European Terrestrial Reference System 1989
RTCM	Radio Technical Commission for Maritime Services
Ntrip	Networked Transport of RTCM via Internet
EPS	Echtzeit Positionierungs Service
HEPS	Hochpräziser Echtzeit Positionierungsservice
RTK	Real Time Kinematic
RINEX	Receiver Independent Exchange Format
DREF91	Deutsches Referenznetz 1991
DHDN90	Deutsches Hauptdreiecksnetz 1990
DHHN12/92	Deutsches Haupthöhennetz 1912/1992
LGO	Leica Geo Office
TK 25	Topographische Karte im Maßstab 1 : 25 000
NivP	Nivellement Punkt
KML	Keyhole Markup Language

DOP	Dilution of Precision
GDOP	Geometrical Dilution of Precision
VDOP	Vertical Dilution of Precision
ESNC	European Satellite Navigation Competition
BKG	Bundesamt für Kartographie und Geodäsie

8.6 Inhaltsübersicht der DVD

- Bachelorarbeit
 - Bachelorarbeit in Word- und PDF-Format
- Eidesstattliche_Erklärung
 - Eidesstattliche Erklärung im PDF-Format
- Kolloquium
 - PowerPoint Präsentation
 - Präsentation im PDF-Format
- kurzf_inet
 - Kurzfassung für das Internet im Word-Format
 - Auswahl von Bildern
- Verwendete_Daten
 - Referenzdaten mit 30 Sekunden Messintervall vom LDBV
 - Antennenfiles
 - Beobachtungsdaten mit Aufschreibungen der Messungen von Herrn Traurig
 - Sonstige verwendete Bilder aus der Bachelorarbeit
 - Punktliste und Ergebnislogfiles aus den Auswertungen
 - sämtliche erstellte Excel Arbeitsmappen
 - Die von Herrn Traurig erstellten Fotos der Punktstandorte
 - Sämtliche virtuellen Referenzstationen, die bei der Auswertung benutzt worden sind
 - Das 10 ° Elevation LGO-Protokoll von Herrn Traurig, welches von mir für die Aussagen über die Satellitenkonstellation genutzt wurde
- Zusammenfassung
 - Zusammenfassung der Bachelorarbeit im PDF-Format

9 Eidesstattliche Erklärung

Erklärung

gemäß § 15 Abs. 5 APO in Zusammenhang mit § 35 Abs. 7 RaPO

Name: **Olschewski**

Vorname: **Christoph**

Geburtsdatum: **17.03.1991**

Studiengang: **Geoinformatik**

Studiengruppe: **GI 7**

Matrikel-Nr.: **01967612**

Winter-/Sommersemester: **2015/ 2016**

Betreuer/in: **Wolfgang Hübner**

Hiermit erkläre ich, dass ich die Bachelorarbeit selbständig verfasst, noch nicht anderweitig für Prüfungszwecke vorgelegt, keine anderen als die angegebenen Quellen oder Hilfsmittel benutzt, sowie wörtliche und sinngemäße Zitate als solche gekennzeichnet habe.

Eching, 04.04.2016
Ort, Datum


Unterschrift