

Bachelor-Thesis 2018

Genauigkeitsuntersuchungen zu GNSS-RTK mit dem Positionierungsdienst Refnet



Autor/in: **Selina Schuler**

Ramon Sieber

Examinator: **Prof. Dr. David Grimm**

Experte: **Dipl. Ing. FH in Geomatik,
Andreas Berweger**

Genauigkeitsuntersuchungen zu GNSS-RTK mit dem Positionierungsdienst Refnet

Refnet ist ein Positionierungsdienst für GNSS-Messungen, welcher 2009 im Gebiet Ostschweiz seinen Betrieb aufnahm. Seitdem wurde das Netz stetig ausgebaut und kann seit November 2017 schweizweit genutzt werden. Infolge einer Abwägung zum weiteren Netzausbau mit dem Ziel, die Genauigkeit und Zuverlässigkeit weiter zu steigern, soll in dieser Bachelorarbeit die Abhängigkeit der Distanz zu den Referenzstationen untersucht werden. Für diese Untersuchung wurden diverse Arbeiten wie eine GIS-Analyse, die Erarbeitung eines Messkonzepts, die Durchführung einer Messkampagne und dessen Datenauswertung und Beurteilung vorgenommen.

Schlagworte: Refnet, GNSS, RTK, Netzwerk RTK, Master-Auxiliary Konzept, Messkonzept, GIS-Analyse, Messkampagne

1. GNSS-RTK Messungen

Bei der Satellitenmesstechnik GNSS kann die Empfängerposition im Zentimeter Bereich durch die Verbindung mit mehreren Navigationssatelliten bestimmt werden. Die RTK-Messung erlaubt eine Bestimmung der Punktkoordinaten in Echtzeit. Diese erfolgt über Frequenzsignale in Form von Phasen- und Codemessungen. Die Genauigkeit der Positionsbestimmung wird durch mehrere Einflüsse verschlechtert. Diese Einflüsse bestehen hauptsächlich aus den Abweichungen in den Satellitenbahnen, den Uhrenabweichungen der Satelliten, der atmosphärischen Einflüsse durch die Ionos- und Troposphäre sowie den Multipath-Effekt (Reflexion des Signals an Objekten) und weitere. Die Messabweichungen lassen sich durch adäquate Modelle und Techniken teilweise eliminieren oder minimieren.

2. Master-Auxiliary Konzept (MAX)

Die Grundlage des Netzaufbaus des Positionierungsdienstes Refnet basiert auf Netzwerk RTK. Das darauf entwickelte Konzept MAX wurde von Leica Geosystems realisiert. Bei diesem Konzept erhält der Empfänger alle relevanten Korrektur- und Koordinatendaten, die von der Netzwerksoftware GNSS-Spider aus den umliegenden Referenzstationen berechnet werden. Dabei werden die vollständigen Informationen der Master-Station, welche die nächstgelegene Station zum Empfänger ist, sowie die Korrektur- und Koordinatendifferenzen zwischen der Master-Station und den Referenzstationen (Auxiliary-Stations) an den Rover gesendet. Die Übermittlung dieser Daten an den Empfänger erfolgt durch die Netzwerksoftware. Die Empfängersoftware löst die Mehrdeutigkeiten und berücksichtigt die von GNSS-Spider übermittelten dispersiven (ionosphärischen) und nicht-dispersiven (geometrischen) Korrekturdaten. Durch MAX kann die Koordinatenqualität der RTK-Messungen (insbesondere in der Höhe) signifikant verbessert werden im Gegensatz zu anderen Auswertekonzepten.

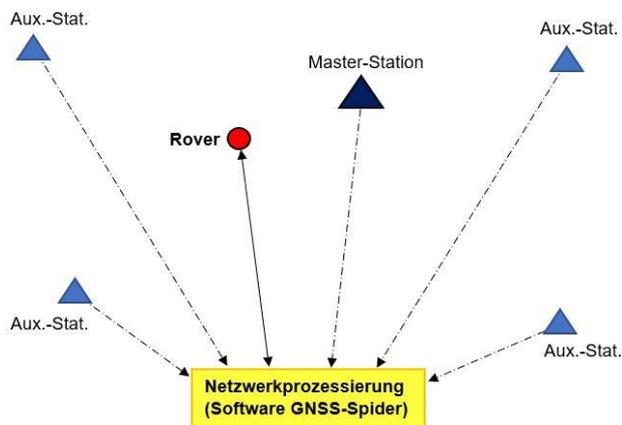


Abb. 1: Prinzip des Master-Auxiliary Konzepts

3. Messkonzept

Eine detaillierte GIS-Analyse ermöglichte die Bestimmung von geeigneten Standorten, die vordefinierte Kriterien erfüllen müssen. Nach einer längeren Suche von nutzbaren Datensätzen und dessen genauere Untersuchung, konnten neun Messpunkte in der Umgebung Zürich bis Baden festgelegt werden. Die sorgfältige Vorbereitung war die Voraussetzung für einen reibungslosen Ablauf der 24h-Messungen. Durch unerwartete Probleme beim Start der Messungen war eine Datenaufzeichnung über die geplante Dauer unglücklicherweise nicht möglich.

Messpunkte

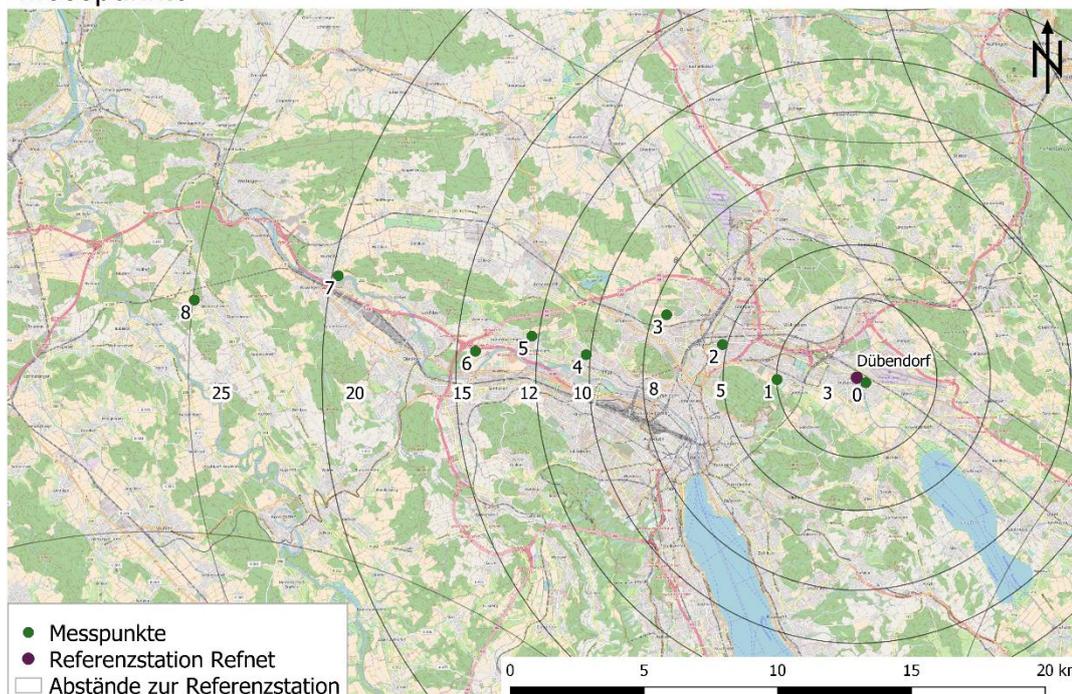


Abb. 2: Messpunkte in bestimmten Abständen von 0-25 km im Raum Zürich bis Baden

4. Auswertungen

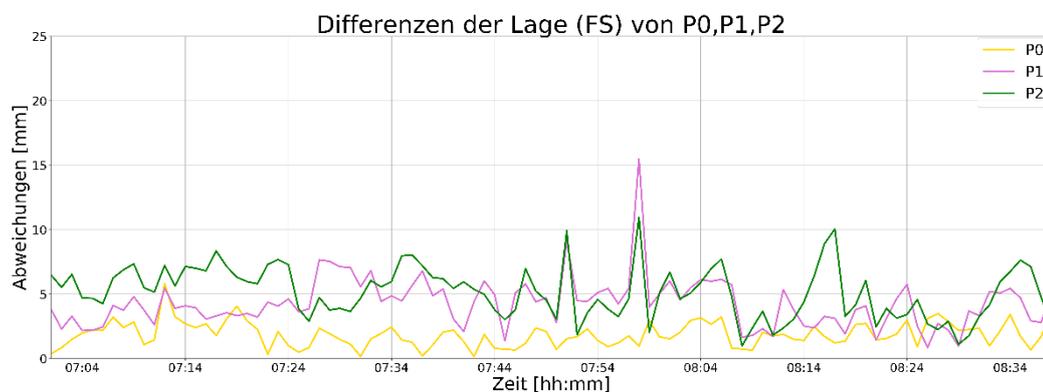
Bei der Messkampagne wurden automatisch für jede Sekunde eine RTK-Koordinate sowie gleichzeitig Rohdaten vom Empfänger aufgezeichnet. Die dadurch entstandene immense Datenmenge musste automatisiert durch Befehle in SQLiteStudio sowie mit verschiedenen Codes in Jupyter-Notebook bearbeitet und berechnet werden. Für die Auswertung wurden zwei Messfenster (Nacht und Tag) à je 1-2 Stunden mit vollständigen Messungen aller Stationen festgelegt. Dafür wurden jeweils die Messwerte für 60 Sekunden gemittelt. Es konnten nach der Detektion von Ausreißern rund 95% der Messungen verwendet werden. Der Fokus der Auswertung lag sodann auf der Bestimmung der Differenzen zwischen den gemittelten RTK-Koordinaten und den aus der langstatischen Messung resultierenden Sollkoordinaten. Anschliessend wurden diese Differenzen und die erreichten Standardabweichungen der RTK-Punkte analysiert.

5. Resultate

Es wurden keine signifikanten Abweichungen der Koordinaten in der Lage, wie auch in der Höhe festgestellt. Im Durchschnitt konnten 95% aller Messungen in der Auswertung verwendet werden. Die erreichte Genauigkeit lag im Bereich von 2 bis 15 mm in der Lage. In der Höhe betrug die erreichte Genauigkeit 3 bis 17 mm.

Punkte	Nachtmessung 2			Tagmessung 1		
	E [mm]	N [mm]	H [mm]	E [mm]	N [mm]	H [mm]
0	0.5	0.9	0.4	0.1	0.2	0.3
1	-0.5	0.2	-0.9	0.3	-0.9	-6.1
2	0.0	3.2	-3.7	-1.3	0.9	-11.5
3	0.7	5.7	-5.3	-1.3	0.0	-12.4
4	-5.6	2.3	-1.8	-2.9	-4.0	-5.5
5	-5.8	3.7	-5.5	-3.5	-2.2	-7.3
6	-10.8	6.8	-10.8	-9.4	1.2	-8.6
7	-0.1	-2.3	-6.5	-1.0	-3.0	-6.8
8	2.8	-3.6	-0.9	1.1	-6.5	-7.8

Tab. 1: Durchschnittliche Differenzen der RTK-Messungen zu den Rohdaten



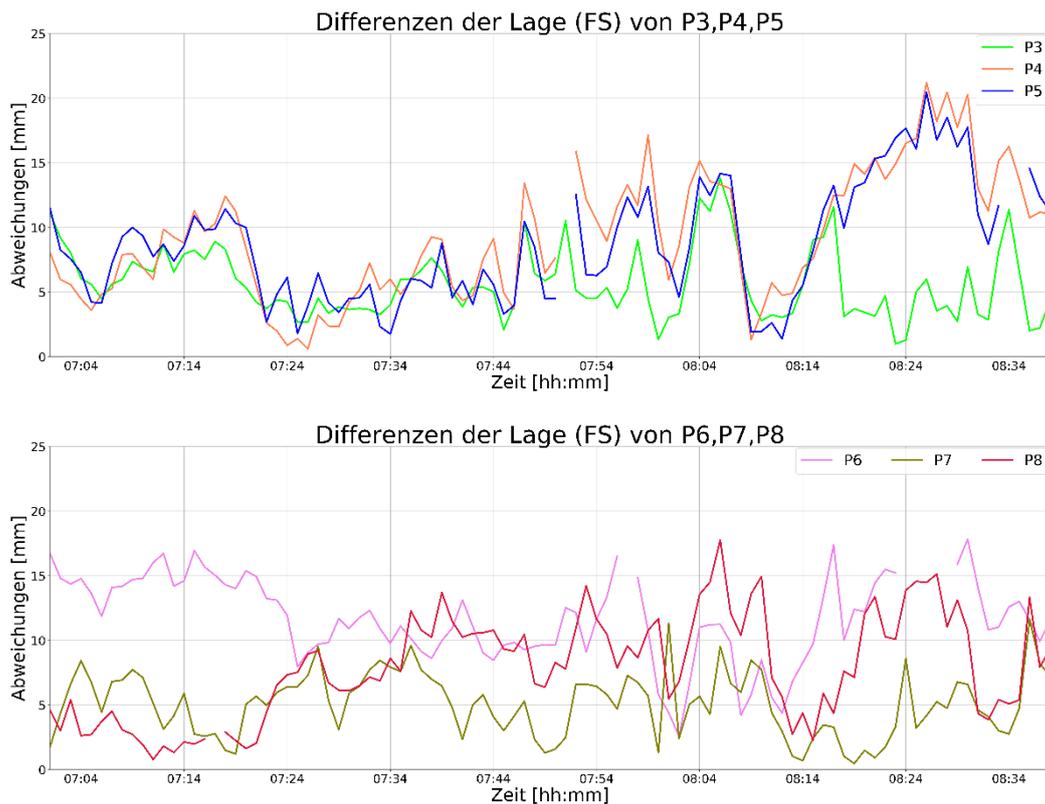


Abb. 3 – 5: Liniendiagramme Punkte P0-P8 in der Lage (FS) im Messfenster Tag.

Fazit

Nach diesen Erkenntnissen lässt sich feststellen, dass eine Netzverdichtung der Referenzstationen unter 25 km zu keiner wesentlichen Genauigkeits- und Zuverlässigkeitssteigerung führt. Jedoch wird empfohlen, bei einer nächsten Untersuchung die Einflüsse von grösseren Höhenunterschieden und Messungen in Gebieten mit grösserem Abstand zu umliegenden Referenzstationen genauer zu erforschen.

Autor/in:	Selina Schuler	selina.schuler@hotmail.com
	Ramon Sieber	ramonsieber@hotmail.com
Examinator:	Prof. Dr. David Grimm	david.grimm@fhnw.ch
Experte:	Dipl. Ing. FH in Geomatik, Andreas Berweger	Andreas.Berweger@geotopo.ch