

Masterarbeit von Sascha Seresse Zum Potential von autonomer PPP-basierter Echtzeit-Kontrolle für NRTK-Messungen

Aufgabensteller: Prof. Dr.-Ing. Dr . h. c. Bernhard Heck

Betreuer: Dr.-Ing. Michael Mayer

Der PPP-Ansatz bietet insbesondere für post-processing Anwendungen eine Alternative zum konventionellen (N)RTK und wurde im Rahmen der Arbeit untersucht. Die Vorgabe bestand darin, ein kompaktes System mit möglichst geringem Hardwareanteil zu generieren, um die entwickelte Konfiguration zur Kontrolle relativer Messverfahren einzusetzen.

GNSS-Messverfahren können in zwei Kategorie eingeteilt werden:

- Differentielles (Relatives) GNSS
- Absolute Einzelpunktbestimmung (z.B. PPP)

In der folgenden Zusammenschau wird ein Vergleich zwischen PPP und differentiellem GNSS basierend auf ausgewählten Parametern gegeben.

Precise Point Positioning (PPP)	Differentielles GNSS
Keine Referenzstation	Referenzstationen notwendig
Angewiesen auf Korrekturdaten und -modelle	Kein zwingender Bedarf an Korrekturdaten
Keine Basislinienbildung nötig	Basislinienbildung bzw. Vernetzung nötig
Netzspannungen ohne Einfluss auf Positionsbestimmung	Berücksichtigung von potenziellen Netzspannung notwendig
Schwierige Schätzung der Mehrdeutigkeiten (reelle Zahlenwerte)	Doppeldifferenzbildung zur Lösung der ganzzahligen Mehrdeutigkeiten
Lange Datenbasis (± 30 min) nötig	Kurze Datenbasis (± 1 min) ausreichend
Genauigkeit 10 – 50 cm	Genauigkeit ≤ 1 cm

Das GNSS-Signal unterliegt auf dem Weg vom Satelliten bis zum Empfänger limitierenden Einflussfaktoren (EF). Diese Fehlerquellen können in fünf wichtige Kategorien eingeteilt werden:

- Satellitenabhängige EF
- Signalausbreitungsbedingte EF
- Empfängerabhängige bzw. stationsspezifische EF
- Relativistische Effekte
- Trägerphaseneffekte

Die Vernachlässigung dieser Fehlerquellen kann trotz hochpräziser Phasenmessung zu einem Positionsfehler von vielen Metern führen.

Während durch differentielle Auswertetechniken limitierende Einflussfaktoren stark reduziert werden und lediglich Restfehler modelliert werden müssen, werden bei PPP-Auswertungen aktuelle und präzise Modell- bzw. Korrekturdaten, die das Verhalten der Einflussfaktoren beschreiben, nötig. Der IGS stellt in diesem Kontext einerseits Korrekturdatenströme (SSR-Nachrichten) und andererseits Daten via FTP-Server zur Verfügung. Die Korrekturströme können mittels NTRIP-Caster bezogen werden und direkt in die Prozessierungssoftware implementiert werden. Aktuell befinden sich die SSR-Messages in der Ausbaustufe 1 und lassen somit DF-RT-PPP unter Anwendung der ionosphärenfreien Linearkombination (L3) zu. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden die beiden Eingangsströme IGS03 und RTCM3EPH genutzt. Der troposphärische Einfluss wird in der Ausgleichung modellbasiert bestimmt und bei der Positionslösung berücksichtigt.

Es wurde die Open-Source-Software RTKLIB genutzt. Diese bietet eine Vielzahl an Apps (Splitter, Post-Processing, Echtzeitanwendung, etc.). Basierend auf Voruntersuchungen wurde eine geeignete Konfiguration entwickelt.

Als Hardware wurde die geodätische Antenne LEICA AR 10 und das Topcon B110 OEM-Board genutzt. Dieses Board ermöglicht doppelrequenten Multi-GNSS-Empfang mit einer Datenrate von 1-100 Hz. Die gängigsten Ausgabeformate werden unterstützt.

Der experimentelle Aufbau wurde an drei verschiedenen Standorten zum Einsatz gebracht:

- Karlsruhe_Balkon (worst case, ca. 50% Abschattung), links
- Karlsruhe_NPF_II (best case, optimale Bedingungen), Mitte
- Luxemburg_Bascharage (gängige Aufbausituation), rechts

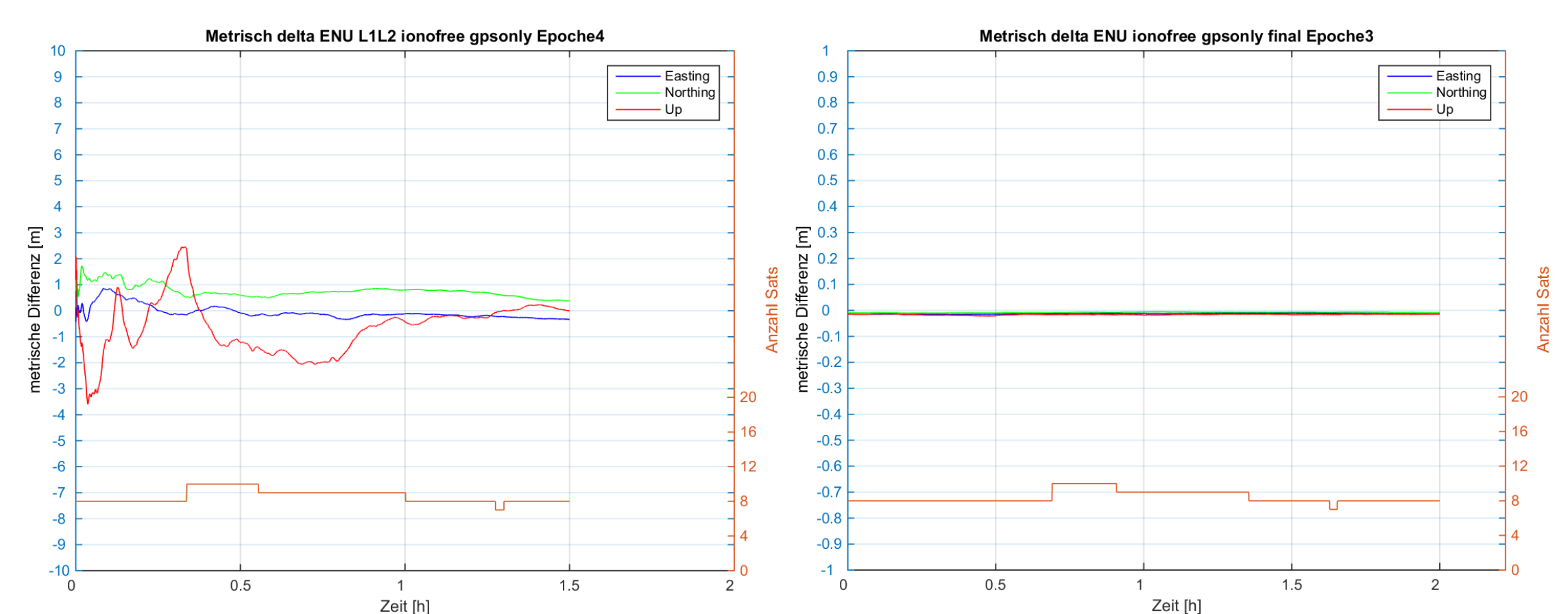


Anhand des experimentellen Aufbaus wurden insbesondere folgende Untersuchungen basierend jeweils auf einer mehrtägigen Datenbasis durchgeführt:

- L1 vs. L1&L2
- L1&L2 vs. L3
- L3 GPS+GLONASS vs. L3 GPSonly
- Echtzeit vs. Post-Processing
- Post-Processing: broadcast vs. ultrarapid vs. final

Dabei konnte kein signifikanter Mehrwert durch den Übergang von L1 auf L1&L2 festgestellt werden.

Durch den Einsatz der ionosphärenfreien Linearkombination kann die Positionsgenauigkeit (rechts) im Vergleich zu L1 bzw. L1&L2 (links) erheblich gesteigert werden. Unter Ausschluss der GLONASS-Satelliten wird die erzielte Genauigkeit noch etwas besser.



Der Übergang von Broadcast auf Ultrarapid-Produkte des IGS geht mit einer großen Genauigkeitssteigerung einher. Im Gegensatz dazu erbringt der Übergang von ultrarapid auf final nur noch eine kleine Genauigkeitssteigerung. Aktuell ist der PPP-Ansatz noch nicht zur Echtzeitkontrolle von im cm-Bereich ausgeführten NRTK-Messungen nutzbar. Die Arbeit konnte jedoch den Beweis führen, dass dies mit der Einführung von SSR Stage 2 und Stage 3 möglich werden wird.