

GNSS-POSITIONSGENAUIGKEIT DES PRECISE POINT POSITIONING (PPP) BEI STATISCHEN EINFREQUENZ-MESSUNGEN

Einleitung

Für etliche Anwendungen von geodätischen Überwachungsmessungen mit GNSS-Sensoren kommt nur der Einsatz von preisgünstigen Einfrequenz-Empfängern in Frage. Um damit hohe Positionsgenauigkeiten zu erzielen sind nahe (maximal einige km entfernt) gelegene Referenzstationen notwendig. Sind diese nicht vorhanden, ist fraglich, inwieweit absolute Positionsbestimmungen mit Hilfe des *Precise Point Positioning* (PPP)-Auswerteverfahrens für diese Aufgabenstellungen geeignet sind.

Mit geeigneten Datensätzen erfolgte eine Untersuchung von zweistündigen Messungen mit verschiedenen Auswertansätzen. Die Positionen wurden als reine Phasenlösung mit Ionosphärenmodell, sowie als ionosphärenfreie kombinierte Code-Phasen-Lösung berechnet. Zu den Datensätzen gehörten Messungen mit verschiedenen Antennen aus einem Projekt der Technischen Universität Dresden. Es wurden eine hochwertige navXperience Präzisions-Navigationsantenne 3G+C und preisgünstige Tallysman TW3430-Antenne mit Grundplatte verwendet (Abb. 1). Weiterhin stellte die Kommission für Erdmessung und Glaziologie der Bayerischen Akademie der Wissenschaften Daten aus Fürstenfeldbruck (FFB) und von zwei Messstationen vom Gletscher Vernagtferner (VER 1/2) bereit, welche mit Tallysman TW2400- bzw. TW2410-Antennen ohne zusätzliche Grundplatte gemessen wurden (Abb. 2).

Mit der ionosphärenfreien Code-Phasen-Kombination können tendenziell genauere Ergebnisse erzielt werden. Da bei der Auswertung mit Ionosphärenmodell reine Phasendaten verwendet werden, ist das Erreichen einer stabilen Mehrdeutigkeitsschätzung über solch einen kurzen Messzeitraum erschwert, sodass unter Einbeziehen von Codebeobachtungen genauere Positionsberechnungen möglich sind. Weiterhin scheint die Modellierung der Ionosphäre keine



Abbildung 1: Verwendete Antennen der Messstationen. Quellen von oben nach unten: navXperience GmbH, Alberding GmbH, Tallysman Inc.

Genauigkeit von Einfrequenz-PPP bei zwei Stunden Beobachtungsdauer

Die Untersuchungen liefern kein einheitliches Ergebnis, sondern präsentieren drei verschiedene Genauigkeitsniveaus. Die Messungen von der TU Dresden zeigen, dass Einfrequenz-PPP durchaus mit Genauigkeiten von wenigen Zentimetern möglich ist (Tabelle 1). Dies gilt jedoch nicht für die anderen Messstationen. Mit den Beobachtungen aus Fürstenfeldbruck (Tabelle 2) können Genauigkeiten vom einem Dezimeter in der Lage erreicht werden, was dem geforderten Genauigkeitsniveau genügt. Allerdings kann das Bestreben, möglichst Dezimeter-Genauigkeit mit zweistündigen Messdauern zu erhalten, bei den Gletscherdaten VER 1 und 2

nicht erfüllt werden. Die Standardabweichungen dieser Stationen liegen bei mehreren Dezimetern (Tabelle 2).

Mit der ionosphärenfreien Code-Phasen-Kombination können tendenziell genauere Ergebnisse erzielt werden. Da bei der Auswertung mit Ionosphärenmodell reine Phasendaten verwendet werden, ist das Erreichen einer stabilen Mehrdeutigkeitsschätzung über solch einen kurzen Messzeitraum erschwert, sodass unter Einbeziehen von Codebeobachtungen genauere Positionsberechnungen möglich sind. Weiterhin scheint die Modellierung der Ionosphäre keine

ausreichende Genauigkeit zu besitzen.

Die Standardabweichungen der Gletscherstationen unterscheiden sich zu den vorangegangenen Beobachtungen besonders bei der Auswertung der Daten als ionosphärenfreie Code-Phasen-Kombination. Diese große Diskrepanz lässt stark verrauschte Code-Beobachtungen vermuten. Weiterhin wurde keine zusätzliche Grundplatte an die Antennen montiert, sodass durch Code-Beobachtungen verstärkte Mehrwegeeffekte nicht abgeschirmt werden und zu einer Genauigkeitsverringerng führen.

Tabelle 1: Datensatz TU Dresden, Standardabweichungen der zweistündigen Lösungen

| Antenne | Empfänger | Ostwert [cm] | Nordwert [cm] | Höhenwert [cm] |
|--|-----------|--------------|---------------|----------------|
| Reine Phasenlösung mit Verwendung eines Ionosphärenmodells | | | | |
| navXperience 3G+C | NVS | 3,1 | 2,0 | 11,9 |
| Tallysman TW3430 mit Grundplatte | u-blox | 3,2 | 2,1 | 11,9 |
| Tallysman TW3430 mit Grundplatte | NVS | 4,9 | 3,0 | 10,7 |
| Tallysman TW3430 mit Grundplatte | u-blox | 5,0 | 3,0 | 10,8 |
| Ionosphärenfreie Kombination aus Code- und Phasenbeobachtungen | | | | |
| navXperience 3G+C | NVS | 4,3 | 0,7 | 3,5 |
| Tallysman TW3430 mit Grundplatte | u-blox | 2,7 | 0,4 | 3,3 |
| Tallysman TW3430 mit Grundplatte | NVS | 5,8 | 1,2 | 10,6 |
| Tallysman TW3430 mit Grundplatte | u-blox | 4,6 | 0,9 | 7,9 |

Tabelle 2: Datensätze Fürstenfeldbruck (FFB) und Gletscher Vernagtferner (VER 1/2), Standardabweichungen der zweistündigen Lösungen

| Station | Ostwert [cm] | Nordwert [cm] | Höhenwert [cm] |
|--|--------------|---------------|----------------|
| Reine Phasenlösung mit Verwendung eines Ionosphärenmodells | | | |
| FFB | 21,8 | 19,4 | 68,0 |
| VER1 | 29,4 | 25,5 | 43,4 |
| VER2 | 31,9 | 26,5 | 44,8 |
| Ionosphärenfreie Kombination aus Code- und Phasenbeobachtungen | | | |
| FFB | 11,1 | 6,9 | 22,5 |
| VER1 | 45,0 | 20,5 | 86,2 |
| VER2 | 38,8 | 23,7 | 94,7 |

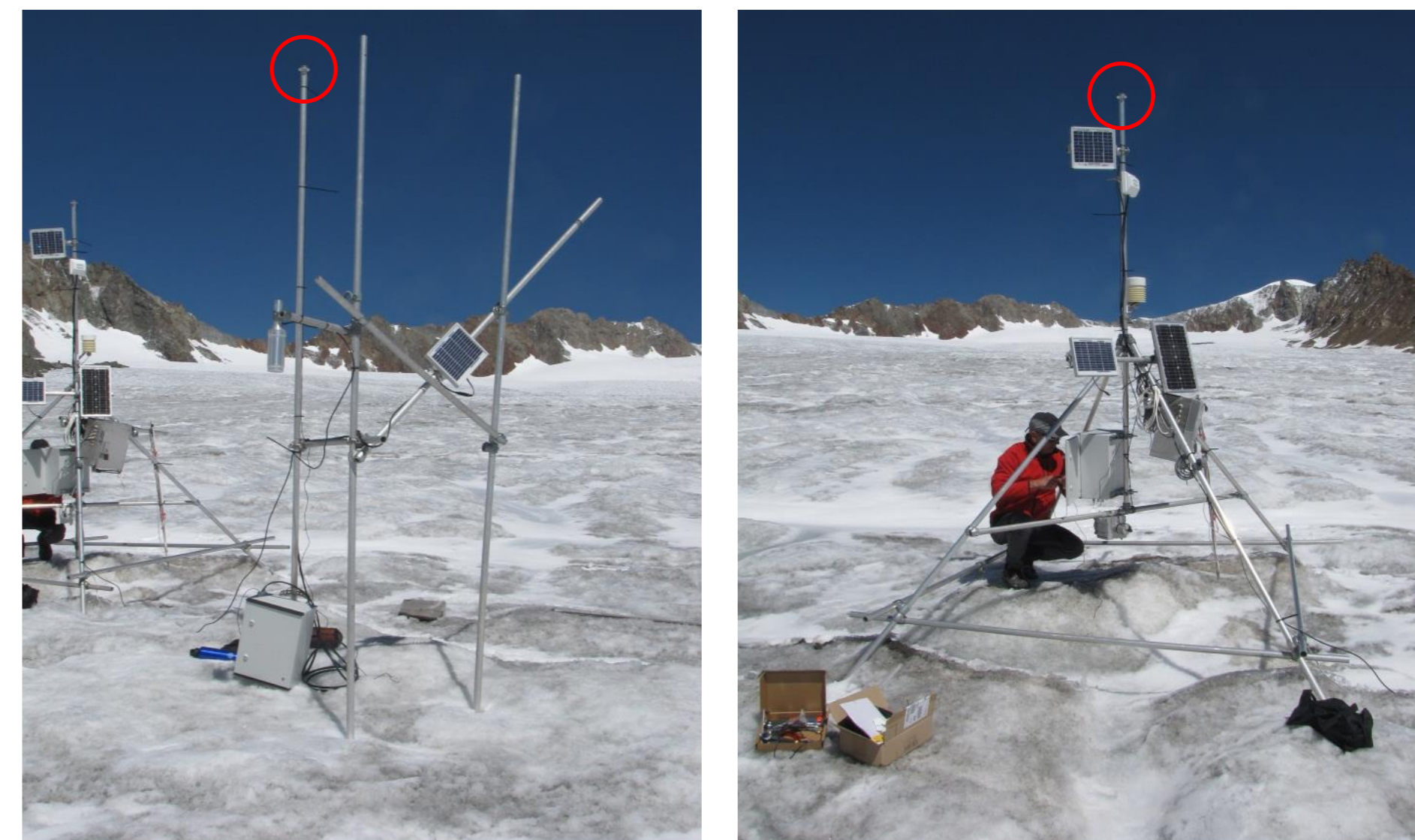


Abbildung 2: Messstationen auf dem Vernagtferner. Links: VER 1, an Balisen befestigte Antenne (linkes Aluminiumrohr). Rechts: VER 2, an Pyramide befestigte Antenne. Bilder von C. Völksen (Kommission für Erdmessung und Glaziologie der Bayerischen Akademie der Wissenschaften)

Einfluss der Antennenqualität auf die Ergebnisse

Die Betrachtung der verschiedenen Standardabweichungen hinsichtlich der verwendeten Antennen lässt Auswirkungen der Qualität der Antennenmessungen auf die Positionsbestimmung vermuten. Bei den Messstationen FFB und VER 1/2 wurden im Gegensatz zu den Messungen der TU Dresden keine Grundplatten an die Tallysman-Antennen montiert, sodass die Ergebnisse wahrscheinlich stärker von Mehrwegeeffekten beeinflusst sind und diese sich in den größeren Standardabweichungen äußern. Die Tallysman-Antenne mit Grundplatte der TU Dresden weist im Vergleich zu der hochwertigen

navXperience 3G+C-Antenne nur geringe Unterschiede in den Positionsgenauigkeiten auf. Beide Antennen befinden sich im gleichen Genauigkeitsbereich, mit Ausnahme der Höhenkomponente bei der kombinierten Code-Phasen-Lösung.

Dies bedeutet, dass die Qualität der Antennenmessungen einen bedeutsamen Einfluss auf die Ergebnisse von zweistündigen Einfrequenz-Messungen hat. Wichtig ist vor allem eine genaue Betrachtung des Standortes und die Abschirmung gegenüber Mehrwegeeffekten.