

REALISIERUNG DES GEODÄTISCHEN REFERENZSYSTEMS DURCH AUSGEWÄHLTE GNSS

Einleitung

Durch Auswertung von Signalen der Global Navigation Satellite Systeme (GNSS) und unter Verwendung der Algorithmen des Precise Point Positionings (PPP) können 3D-Positionen mit cm-Genauigkeit bestimmt werden. Die dabei realisierten Referenzsysteme werden durch die verwendeten Uhr- und Orbitprodukte festgelegt. Alle gängigen Uhr- und Orbitprodukte versprechen Koordinaten in Anlehnung an den International Terrestrial Reference Frame (ITRF).

Zielsetzung der Arbeit ist es, zu überprüfen, mit welcher Genauigkeit die aus GNSS-Messungen berechneten Positionen das ITRF realisieren. Neben präzisen Uhr- und Orbitprodukten werden dabei auch die broadcast-Ephemeriden und Korrekturen der SBAS (Satellite Based Augmentation System) betrachtet.

Grundlage für die Untersuchungen bilden GNSS-Beobachtungsdateien, die von global verteilten und regionalen Permanentstationen aufgezeichnet werden. Bereitgestellt werden diese Daten zum Beispiel vom International GNSS Service (IGS). Sowohl die präzisen Ephemeriden als auch die broadcast-Ephemeriden und SBAS-Daten sind öffentlich zugänglich. Die PPP-Lösung mit präzisen Ephemeriden bildet jeweils die Referenzlösung. Aus den Differenzen zwischen Referenzlösung und Broadcast- bzw. SBAS-Lösung lässt sich erkennen, wie genau das Referenzsystem realisiert werden kann.

Vergleich von Lösungen mit broadcast-Ephemeriden für GPS, Galileo und GLONASS

Um einen Vergleich zwischen GPS, Galileo und GLONASS zu erhalten, wurden 25 IGS-Permanentstationen ausgewählt, die über die gesamte Erde verteilt sind. Der Vergleich wird nur mit Broadcast-Lösungen durchgeführt, da die SBAS zum einen nicht mit Galileo und GLONASS kompatibel sind und zum anderen die Nutzbarkeit der SBAS regional begrenzt ist. Abbildungen 1, 2 und 3 zeigen die Abweichungen der berechneten PPP-Lösungen auf Grundlage der broadcast-Ephemeriden gegenüber der mit präzisen Ephemeriden berechneten. Es werden nur die Nord- und Ostkomponente dargestellt.

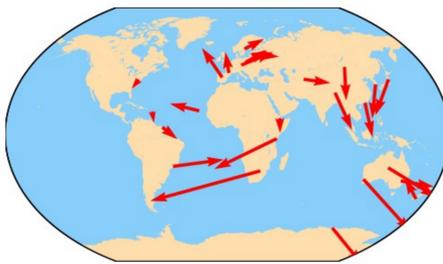
In Abbildung 1 sind keine systematischen Effekte zu erkennen. Die Abbildung zeigt die Ergebnisse für GPS. Die maximale Abweichung in der Ostkomponente liegt bei 14,7 Zentimetern und die minimale bei 0,5 Zentimetern. Die maximale Abweichung in der Nordkomponente ist -5,8 Zentimeter und die minimale ist 0,5 Zentimeter.



broadcast 15 cm
Abb. 1: Systematische Koordinatenabweichungen bei Verwendung von GPS-broadcast-Ephemeriden



broadcast 15 cm
Abb. 2: Systematische Koordinatenabweichungen bei Verwendung von Galileo-broadcast-Ephemeriden



broadcast 15 cm
Abb. 3: Systematische Koordinatenabweichungen bei Verwendung von GLONASS-broadcast-Ephemeriden

Auch in Abbildung 2 für Galileo sind keine systematischen Effekte sichtbar. Die Abweichungen in der Ostkomponente liegen zwischen 0,1 und 9,8 Zentimetern. In der Nordkomponente liegen sie zwischen 0,0 und 5,0 Zentimetern.

Abbildung 3 für GLONASS zeigt größere Abweichungen, allerdings auch keine systematischen Effekte. Die Abweichungen in der Ostkomponente liegen zwischen 0,1 und -37,1 Zentimetern. In der Nordkomponente liegen sie zwischen -0,9 und 18,1 Zentimetern.

Es ist gut zu erkennen, dass das ITRF mit Galileo in dieser Betrachtung am genauesten realisiert wird. GPS liefert ebenfalls ein gutes Ergebnis. Die Ergebnisse für GLONASS fallen um einen Faktor von drei schlechter aus.

Vergleich von Lösungen mit SBAS-Korrekturen für GPS

In diesem Abschnitt werden die Unterschiede zwischen den Regionen bzw. den SBAS untersucht. Abbildung 4 und 5 zeigen die Abweichungen in der horizontalen Ebene. Die GPS-Broadcast-Lösungen zeigen, dass für alle Regionen ähnliche Abweichungen berechnet wurden.

Weiterhin ist zu sehen, dass in den einzelnen Bereichen systematische Effekte auftreten, die in der globalen Betrachtung nicht zu sehen sind.

Bei den SBAS-Lösungen wird zunächst betrachtet, welche der Systeme eine Verbesserung gegenüber der Broadcast-Lösung aufweisen. Alle Komponenten von WAAS zeigen Verbesserungen gegenüber der Broadcast-Lösung. Die Nord- und Höhenkomponente haben besonders große Verbesserungen. Andere Systeme zeigen nur in einzelnen Komponenten Verbesserung zur Broadcast-Lösung. Die EGNOS-Lösung hat in allen Komponenten größere Werte als die Broadcast-Lösung. Die größten Abweichungen bei der Ost- und Nordkomponente sind bei GAGAN zu sehen.

Der Vergleich zwischen den SBAS zeigt, dass WAAS und GATBP die geringsten Abweichungen zur Lösung mit präzisen Ephemeriden und damit zum ITRF liefern. NSAS liefert gute Werte in der Nordkomponente und Höhe. GATBP liefert mit 0,4 Zentimetern die kleinste Abweichung in der Ostkomponente. Sowohl WAAS als auch GATBP haben mit 0,4 Zentimetern die geringste Abweichung in der Höhe. Mit -1,5 Zentimetern Abweichung bringt WAAS den geringsten Wert in der Nordkomponente. Bei allen Systemen sind systematische Effekte zu erkennen.

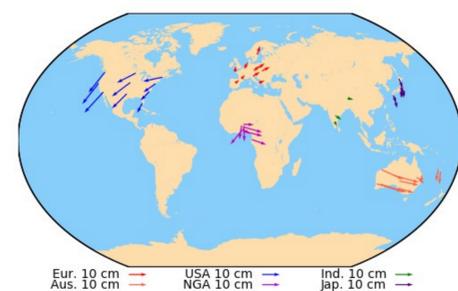


Abb. 4: Systematische Koordinatenabweichungen bei Verwendung von GPS-broadcast-Ephemeriden

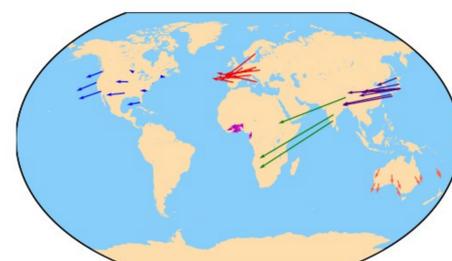


Abb. 5: Systematische Koordinatenabweichungen bei Verwendung von SBAS-Korrekturinformationen

Schlussfolgerung

Es ist zu erkennen, dass sich das ITRF mit den broadcast-Ephemeriden von Galileo und GPS auf wenige Zentimeter realisieren lässt. Bei den SBAS zeigen sich deutliche Unterschiede, wobei sich WAAS, GATBP und NSAS positiv hervorheben.