

# VERWENDUNG VON EGNOS-SATELLITENUHR- UND ORBITKORREKTIONEN FÜR *PRECISE POINT POSITIONING* (PPP)

## Einleitung

Das *Precise Point Positioning* (PPP, Abb. 1) stellt eine Alternative zur differentiellen Positionsbestimmung dar. Voraussetzung sind präzise Orbit- und Satellitenuhrkorrekturen sowie weitere Korrekturen, die Effekte am Satelliten, Einflüsse auf die Erde und atmosphärische Einflüsse betreffen. Die Orbit- und Satellitenuhrkorrekturen werden zum Beispiel vom Internationalen GNSS Service (IGS) zur Verfügung gestellt. Eine andere Möglichkeit, die Korrekturen zu erhalten, bieten

die *Satellite Based Augmentation Systems* (SBAS). Sie bilden Ergänzungssysteme für GPS und zukünftig auch andere GNSS. Ihre Hauptaufgabe besteht in der Lieferung von Integritätsinformationen zur Steigerung der Zuverlässigkeit und der Bereitstellung von Beobachtungskorrekturen zur Genauigkeitssteigerung einer Positionsbestimmung. Die mit den EGNOS-Korrekturen erreichbare Genauigkeit und das Konvergenzverhalten wurden in dieser Arbeit untersucht.

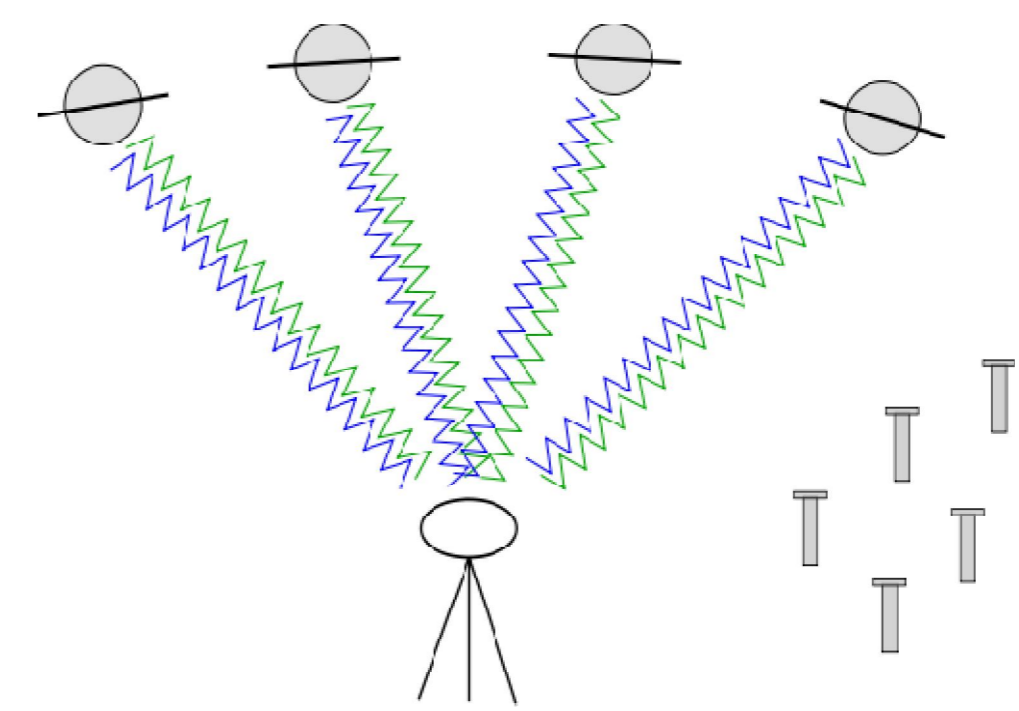


Abb. 1: Grundprinzip des *Precise Point Positioning*

## European Geostationary Navigation Overlay Service (EGNOS)

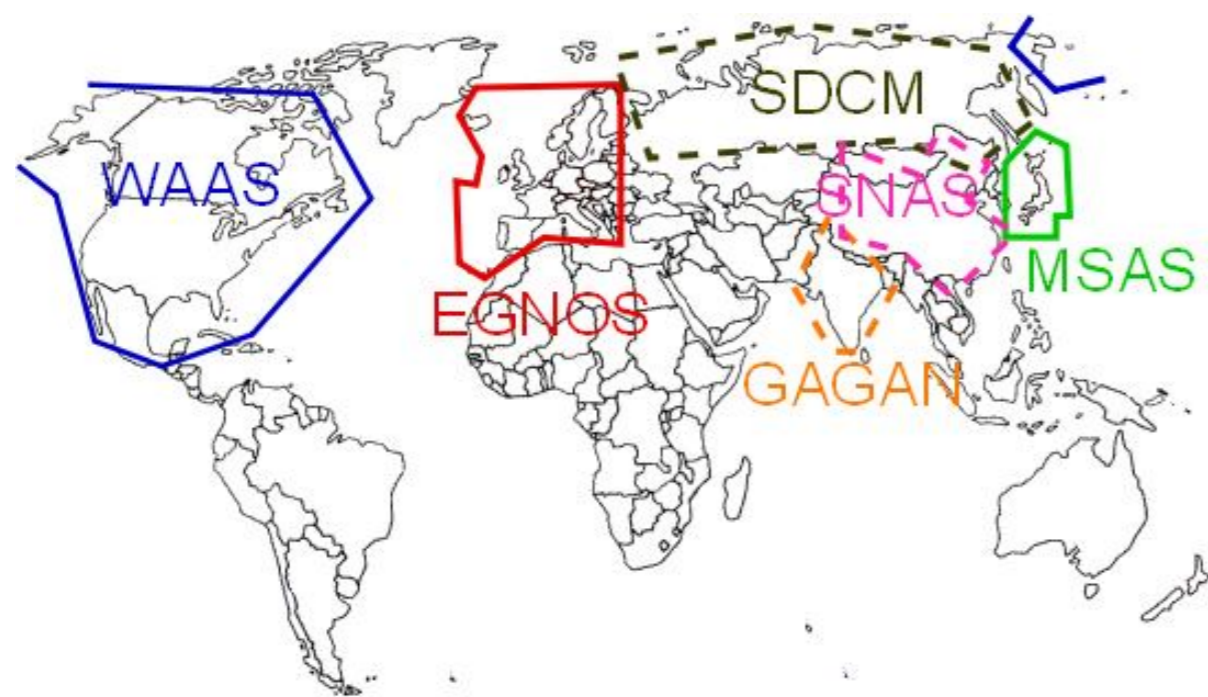


Abb. 2: Servicegebiete der verschiedenen SBAS

Beim europäischen EGNOS kann seit 2009 der *Open Service* genutzt werden. Dieser stellt Informationen zur Genauigkeitssteigerung zur Verfügung. Der *Safety-of-Life-Service* ist seit März 2011 verwendbar und liefert die Integritätsinformationen. Weitere operable oder in der Entwicklung (gestrichelt) befindliche Systeme sind in Abbildung 2 dargestellt. Die Übermittlung der Korrekturnachrichten erfolgt über die geostationären Satelliten auf der GPS-L1-Frequenz.

Dabei gibt es verschiedene Nachrichtentypen. In diesem Falle sind die schnellen Korrekturen für die Uhrkorrekturen sowie die Lang- und Kurzeitkorrekturen für die Orbit- und Uhrkorrekturen von Interesse. Da die Nachrichten im Hexadezimalformat vorliegen, müssen sie ins Binärformat umgewandelt werden. Anschließend können sie entsprechend ihres Nachrichtentyps entschlüsselt werden.

## Auswertung und Ergebnisse

Als Beobachtungen wurden die Daten von 7 Stationen verwendet. Diese wurden so gewählt, dass sie über ganz Europa verteilt liegen. Um die Genauigkeit von EGNOS beurteilen zu können, wurden neben den EGNOS-Korrekturen die präzisen und *broadcast*-Korrekturen in der PPP-Auswertung genutzt. Anhand der Standardabweichungen aus der Ausgleichsrechnung wird ersichtlich, dass die EGNOS-Lösungen sich zwischen den *broadcast* und präzisen Ergebnissen einordnen. Da die Ergebnisse über alle Stationen homogen sind, kann EGNOS im Überdeckungsbereich gleichwertig genutzt werden. Durch die Differenzbildung zu einer Sollkoordinate ergibt sich für die EGNOS-Ergebnisse eine Genauigkeit von 5 Zentimetern in der Lage und 15 Zentimetern in der Höhe. Als Beispiel sind in Abbildung 3 die Differenzen für die Station Braunschweig dargestellt. Das Rauschverhalten von EGNOS ist in der Nord- und Ostkomponente im Gegensatz zu *broadcast* geringer. In der Höhenkomponente ergibt sich gegenüber *broadcast* kein großer Vorteil. In den Graphiken wird ein Offset in der Ost- und Höhenkomponente ersichtlich. Dieser kann aus der falschen Anbringung der Satellitenantennen- oder Gezeitenkorrektur resultieren, da über diese im Zusammenhang mit EGNOS nichts bekannt ist. Eine Vernachlässigung der Korrekturen brachte keine Verbesserung des Rauschverhaltens und die Offsets wurden etwas kleiner.

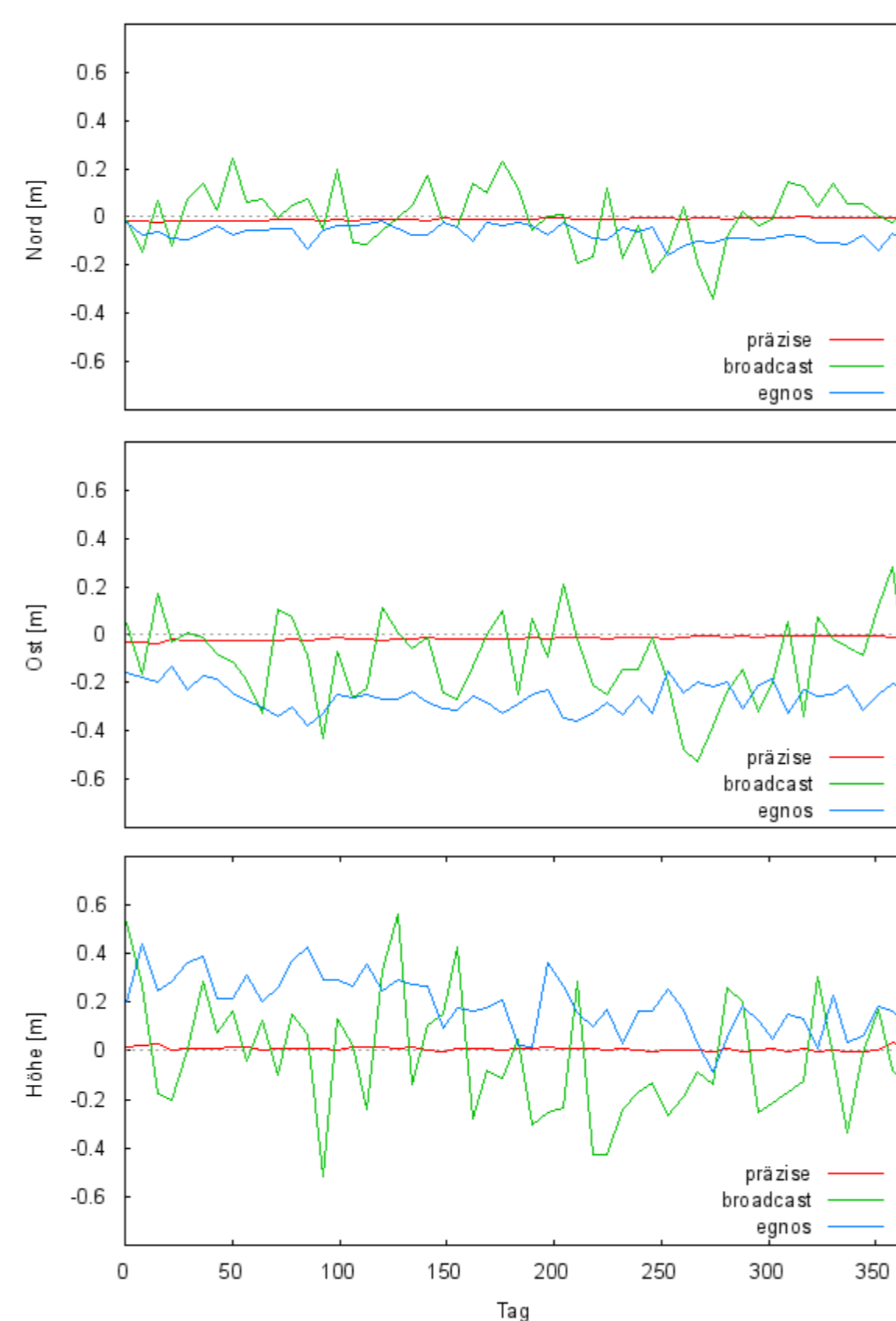


Abb. 3: Koordinatendifferenzen der Station Braunschweig

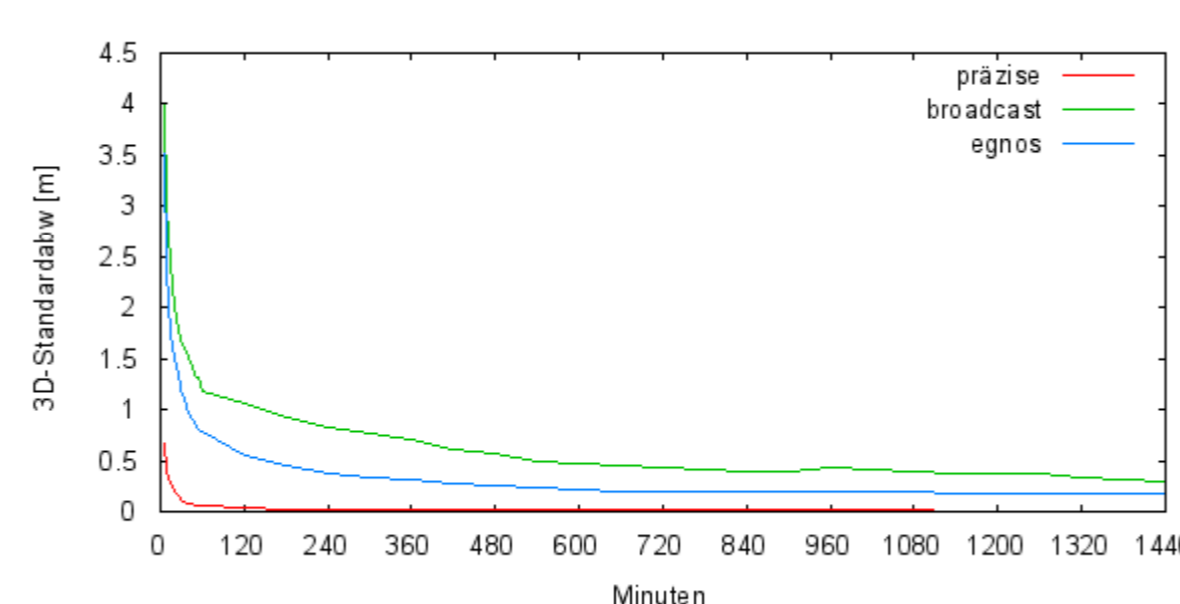


Abb. 4: Konvergenzverhalten

Ein weiterer Grund für den Offset kann ein anderes Bezugssystem von EGNOS sein. Da die Offsets bei jeder Station unterschiedlich sind und in der Höhe ein Trend vorliegt, kann nicht auf dieses geschlossen werden. Zuletzt wurde das Konvergenzverhalten untersucht. Dies ist in Abbildung 4 dargestellt. Die präzisen Lösungen erreichen bereits nach einer Stunde eine Genauigkeit im Ein-Zentimeter-Niveau. Die PPP-Ergebnisse haben eine kürzere Konvergenzzeit als die *broadcast*-Resultate. Nach 7 Stunden ist eine Genauigkeit von 10 Zentimetern in der Lage und 20 Zentimetern in der Höhe erreichbar.

## Fazit

Mit den EGNOS-Korrekturen können bessere Ergebnisse als mit *broadcast* erzielt werden, allerdings werden nicht die hohen Genauigkeiten wie mit den präzisen Korrekturen erreicht. Aufgrund der benötigten kontinuierlichen Beobachtungen und der hohen Konvergenzzeit ist PPP mit den EGNOS-Korrekturen nicht mit *Real-Time-Kinematik* vergleichbar, bei dem innerhalb weniger Minuten eine Zentimetergenauigkeit erreicht werden kann.