

# DIE IONOSPÄRENKORREKTURMODELLE DER *SATELLITE BASED AUGMENTATION SYSTEMS* (SBAS)

## Einleitung

Einer der größten Fehlereinflüsse auf die Positionsbestimmung mittels *Global Navigation Satellite Systems* (GNSS) wird durch die Ionosphäre verursacht. Durch die ionosphärische Refraktion kommt es zu einer Änderung der Ausbreitungsgeschwindigkeit der Satellitensignale und somit zu einem Fehler der Streckenmessung von bis zu 100 m. Während der ionosphärische Einfluss bei Zweifrequenz-Messungen eliminiert werden kann, muss er bei Einfrequenz-Messungen korrigiert werden. Dafür können die Ionosphärenmodelle der *Satellite Based Augmentation Systems* (SBAS) genutzt werden.

Der Einfluss auf die Laufzeit des Signals hängt vom Elektronengehalt (engl. *Total Electron Content*, TEC) der Ionosphäre ab. Dieser ist definiert als die Menge aller freien Elektronen in einer Säule mit Querschnittsfläche  $1 \text{ m}^2$  zwischen dem Satelliten und dem Beobachter.

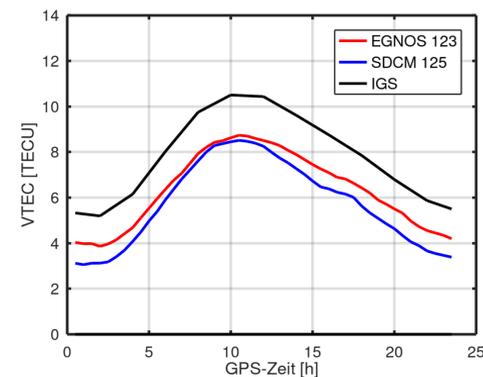


Abb. 1: Täglicher Verlauf des VTEC der SBAS und IGS Ionosphärenmodelle, Mittel der Daten Mai 2018 bis Mai 2019 sowie Nutzung aller IGP des Überlappungsgebietes

Der TEC wird in einem Ein-Schicht-Modell in den Vertikalen Elektronengehalt VTEC umgerechnet. Dessen Einheit ist *Total Electron Content Unit* (TECU), wobei gilt:  $1 \text{ TECU} = 10^{16} \text{ Elektronen/m}^2$ . Der Elektronengehalt wird aus GNSS-Zweifrequenz-Beobachtungen berechnet und existiert für einzelne Gitterpunkte (engl. *Ionospheric Grid Point*, IGP) des Modells.

In der vorliegenden Arbeit wurden die Ionosphärenmodelle des europäischen *European Geostationary Navigation Overlay Service* (EGNOS), des russischen *System for Differential Corrections and Monitoring* (SDCM) und des *International GNSS Service* (IGS) verglichen. Auch wurde der Einfluss jedes Modells auf Beobachtungen des *Global Positioning System* (GPS) an Stationen in Europa untersucht. Genutzt wurden Daten eines Jahres in 14-tägigen Intervallen von Mai 2018 bis Mai 2019 sowie die EGNOS Satelliten 123 und 136 und SDCM Satelliten 125 und 140.

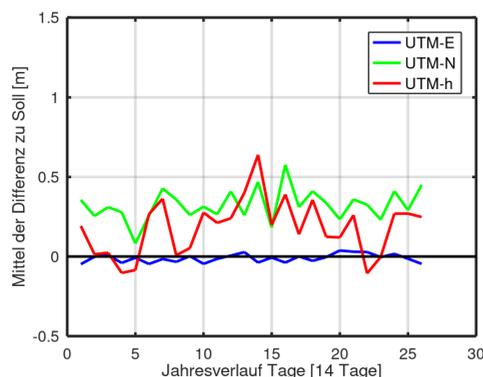


Abb. 6: Ist – Soll Differenz der Einfrequenz-Positionslösung mit IGS Modell

## Zeitlicher Vergleich von SBAS und IGS

Abb. 1 zeigt den täglichen Verlauf des VTEC gemittelt aus den jährlichen Daten sowie allen IGP in der GPS-Zeit. Der mittlere Wert für den VTEC liegt für EGNOS bei 6,3 TECU, für SDCM bei 5,7 TECU und für IGS bei 7,9 TECU. Es liegen also systematische Differenzen in der Größenordnung von 20% des VTEC vor.

Abb. 2 und 3 zeigen gemittelte Ionosphärenmodell-Differenzen zwischen den beiden SBAS und zu IGS an jedem untersuchten Einzeltag.

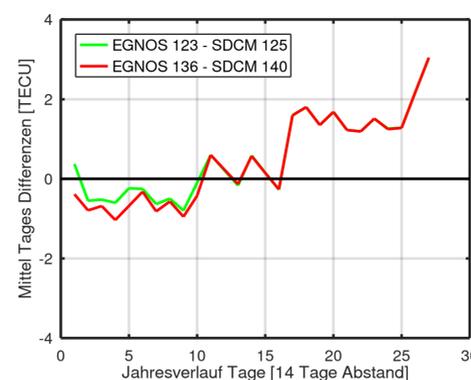


Abb. 2: Jährlicher Verlauf der VTEC Differenzen zwischen EGNOS und SDCM, Vergleich beider Satellitenpaare

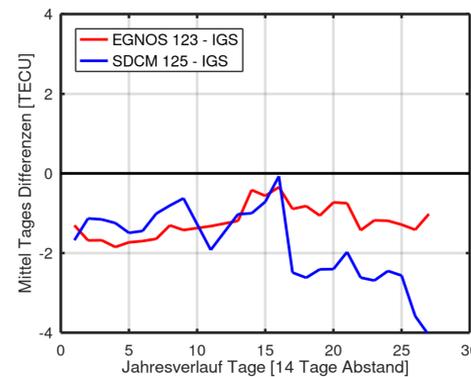


Abb. 3: Jährlicher Verlauf der VTEC Differenzen zwischen den SBAS und IGS, Vergleich der Satelliten 123 (EGNOS) und 125 (SDCM) mit IGS

## Räumlicher Vergleich von SBAS und IGS

Abb. 4 und 5 zeigen den getrennten Vergleich des globalen IGS Modells mit den gesamten SBAS Systemen (Differenzenbildung SBAS – IGS). Beim Vergleich von EGNOS und SDCM mit IGS wird eine räumliche Verteilung der in Abb. 3 gezeigten zeitlichen Differenzen ersichtlich.

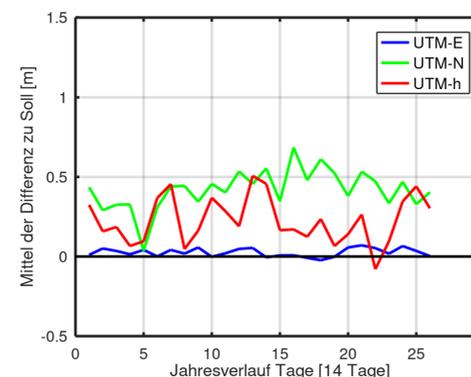


Abb. 7: Ist – Soll Differenz der Einfrequenz-Positionslösung mit EGNOS Modell

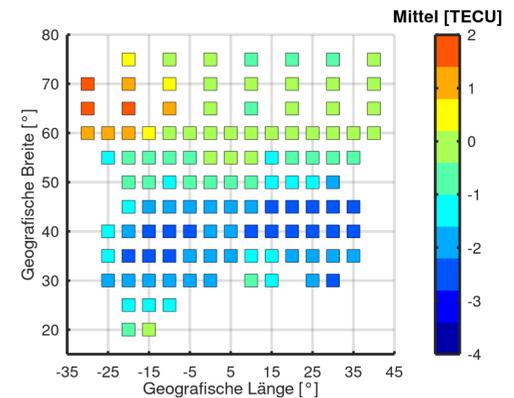


Abb. 4: Gesamtes Gebiet von EGNOS verglichen mit IGS

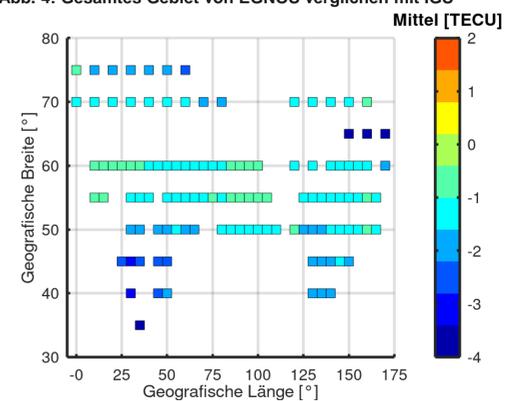


Abb. 5: Gesamtes Gebiet von SDCM verglichen mit IGS

## Einfluss auf die Positionsbestimmung

Abb. 6 bis 8 zeigen die Abweichungen der Ost-(UTM-E), Nord-(UTM-N) und Höhenkomponente (UTM-h) vom Soll der Station MET300FIN in Finnland des IGS Referenznetzes. Es wurde das Mittel aus den Einfrequenz-Positionslösungen 24 einzelner Stundenabschnitte jedes Tages gebildet. Der Grund für die ungewöhnlich hohe Abweichung der Nordkomponente konnte in dieser Arbeit nicht geklärt werden, die Ostkomponente hat bei allen drei Modellen eine zu erwartende geringe Abweichung. SDCM weist in der Höhenkomponente im Gegensatz zu EGNOS und SDCM zunehmend höhere Abweichungen auf.

## Fazit

Es konnten signifikante Unterschiede zwischen den drei Ionosphärenmodellen gezeigt werden. IGS sendet deutliche größere ionosphärische Korrekturwerte als beide SBAS, SDCM Werte nehmen gegenüber EGNOS und IGS ab Tag 17 (11. Dez. 2018) deutlich ab. Die VTEC Differenzen weisen große räumliche Variationen auf.

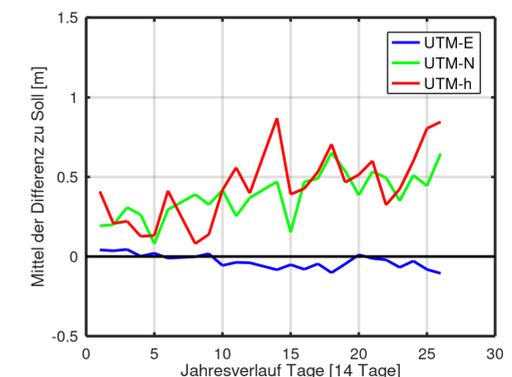


Abb. 8: Ist – Soll Differenz der Einfrequenz-Positionslösung mit SDCM Modell