

# Vergleich der Qualität der *broadcast*-Ephemeridendaten verschiedener GNSS

## Einleitung

Voraussetzung für die Positionierung mit *Global Navigation Satellite Systems* (GNSS) sind Informationen über die Satellitenkoordinaten und die Satellitenuhrkorrekturen – die sogenannten Ephemeriden. Die *broadcast*-Ephemeriden werden als Bestandteil der Navigationsnachricht von den Satelliten ausgesendet.

## Untersuchungen

Für den Untersuchungszeitraum vom 18.04.2013 bis 15.03.2013 wurden von verschiedenen Quellen im Internet geeignete Daten abgerufen. Während die präzisen Ephemeriden im Datenformat *Standard Product 3* (SP3) als kartesische Koordinaten vorliegen, sind die *broadcast*-Ephemeriden im *Receiver Independent Exchange Format* (RINEX) entweder in Form von Kepler-Elementen (für GPS, Galileo und QZSS) oder als kartesische Koordinaten (für GLONASS) abgespeichert.

Für die Berechnung kartesischer *broadcast*-Satellitenpositionen aus den Kepler-Elementen und der *broadcast*-Satellitenuhrkorrekturen aus den RINEX-Daten wurde die Software *WaRiNn* verwendet.

Um die Konsistenz der beiden Realisierungen von Ephemeriden

## Auswertung und Ergebnisse

Die neuen GNSS, z.B. Galileo, wiesen im Vergleich zu GPS größere Abweichungen in R, A, C und im Gesamtfehler auf (siehe Abbildungen 2 und 3). Die GPS-Satelliten liefern also augenblicklich genauere *broadcast*-Satellitenkoordinaten als die Galileo-Satelliten. Ähnliche Ergebnisse ergab die Untersuchung der Satellitenuhrkorrekturen. Die Abbildungen 4 und 5 zeigen die Abweichungen der *broadcast*-Satellitenuhrkorrekturen für den GPS-BlockII-F-Satelliten G01 und den Galileo-IOV-1-Satelliten E12.

Abbildung 6 zeigt die Mittelwerte und Standardabweichungen für R, A, C und den Gesamtfehler der GPS-Satelliten. Der Gesamtfehler beträgt durchschnittlich 1 m. Die Abweichungen

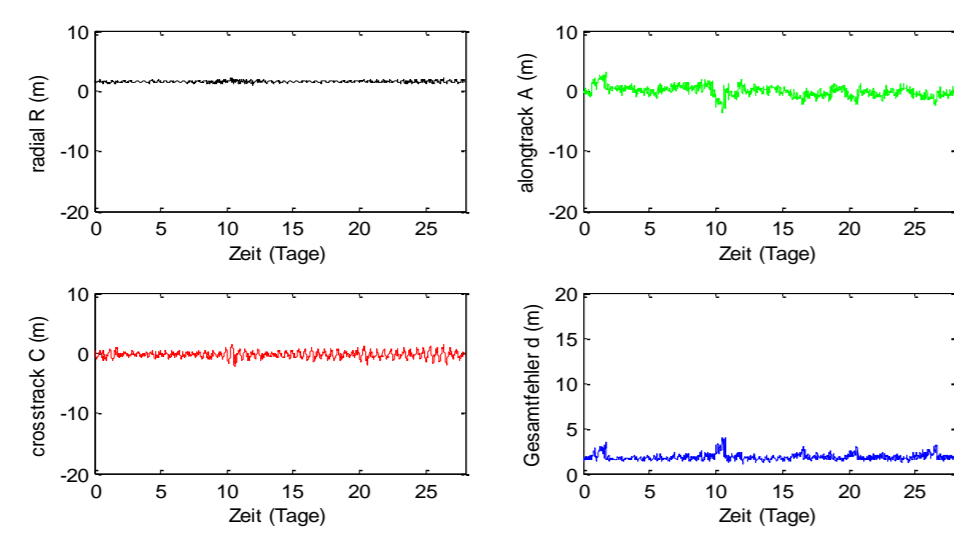


Abb. 2: Fehlerkomponenten radial (R), alongtrack (A), crosstrack (C) und Gesamtfehler (d) des GPS-BlockII-A-Satelliten G26

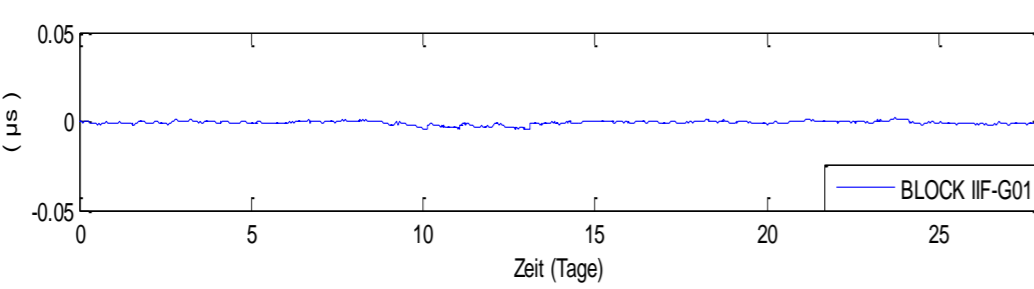


Abb. 4: Abweichungen zwischen *broadcast*- und präzisen Satellitenuhrkorrekturen des GPS-BlockII-F-Satelliten G01

Zur Qualitätsbewertung der *broadcast*-Ephemeriden der vier Gesamt-GNSS wurde jeweils ein Mittelwert der RMS-Werte aller Satelliten eines GNSS berechnet. Diese Werte sind für die Abweichungen der *broadcast*-Satellitenposition in Abbildung 8 und für die Abweichungen der Satellitenuhrkorrekturen in Abbildung 9 dargestellt.

## Schlussfolgerung

Die Abweichungen zwischen *broadcast*- und präzisen Ephemeriden sind für die meisten Satelliten im gesamten Untersuchungszeitraum stabil.

Für GPS wurde gezeigt, dass die Genauigkeit der *broadcast*-Satellitenposition vom Modell der Satelliten unabhängig ist.

Der *International GNSS Service* (IGS) stellt u.a. auch präzise Ephemeriden zur Verfügung. Mit diesen präzisen Produkten ist es möglich, die Qualität der *broadcast*-Ephemeriden zu bewerten.

Ziel der vorliegenden Arbeit war der Vergleich der *broadcast*-Ephemeriden mit den präzisen Ephemeriden von GPS, Galileo,

den (*broadcast* und präzise) zu gewährleisten, mussten bei den präzisen Ephemeriden die relativistische Uhrkorrektur sowie der Unterschied zwischen Massenzentrum und Antennenphasenzentrum des Satelliten berücksichtigt werden.

In der Auswertung wurden die Differenzen zwischen *broadcast*- und präzisen Ephemeriden in das Satellitenkoordinatensystem mit den Komponenten *radial* (R), *alongtrack* (A), *crosstrack* (C) transformiert und die Abweichungen zwischen *broadcast*- und präzisen Satellitenuhrkorrekturen ermittelt.

Die *broadcast*-Ephemeriden enthalten mitunter einige Ausreißer. Diese wurden anhand der dreifachen Standardabweichung aufgedeckt und eliminiert.

Die Abbildung 1 zeigt den Berechnungsablauf im Überblick.

GLONASS und QZSS, um Aussagen zur Qualität der *broadcast*-Ephemeriden dieser GNSS treffen zu können.

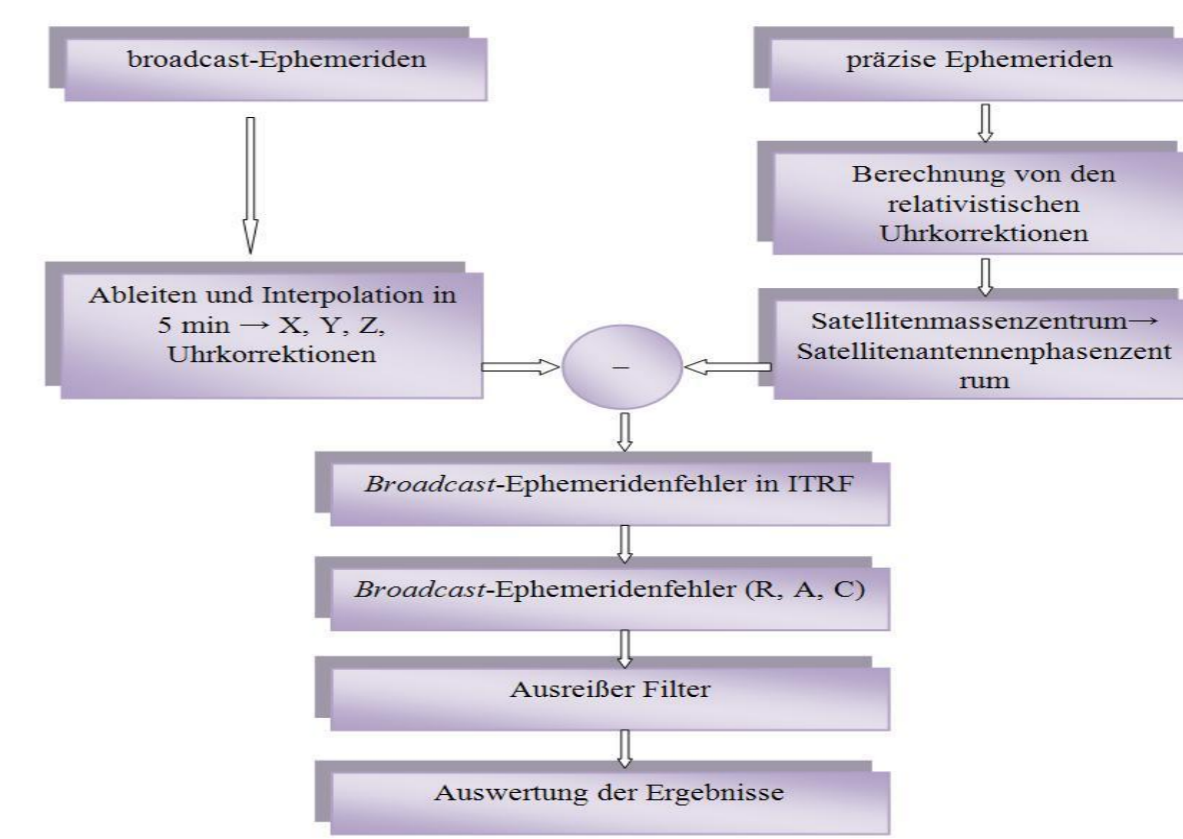


Abb. 1: Berechnungsablauf der Auswertung

der radialen Komponente sind erkennbar am geringsten und streuen am wenigsten.

Zum Vergleich sind in Abbildung 7 die Mittelwerte und Standardabweichungen von R, A, C und dem Gesamtfehler für Galileo und QZSS dargestellt. Der Betrag des Gesamtfehlers ist bei den neuen GNSS auf einem einheitlichen Niveau. Gegenüber GPS haben diese Systeme derzeit eine geringere Genauigkeit.

Für die GLONASS-Satelliten ist der Gesamtfehler mit etwa 2 m doppelt so groß wie für GPS.

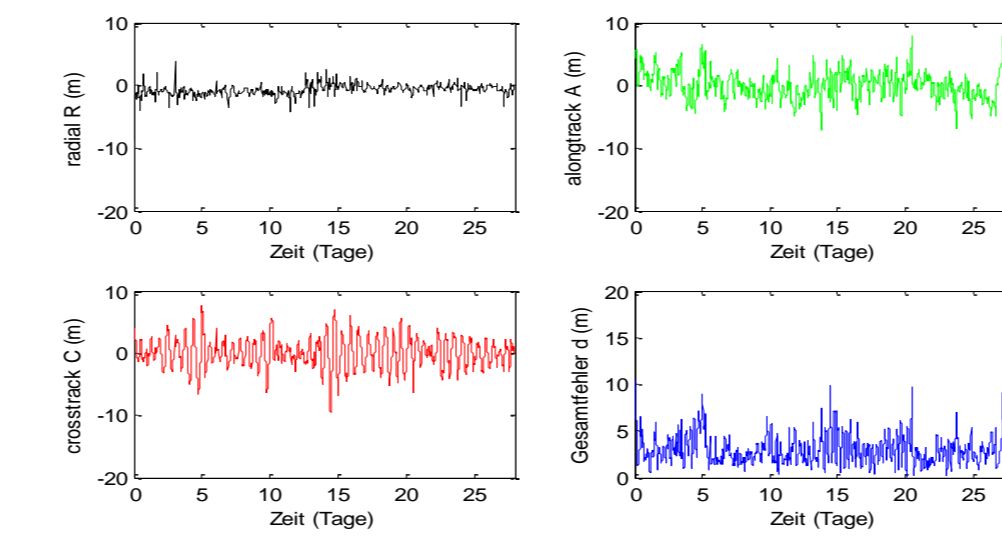


Abb. 3: Fehlerkomponenten radial (R), alongtrack (A), crosstrack (C) und Gesamtfehler (d) des Galileo-Satelliten IOV-1 E12

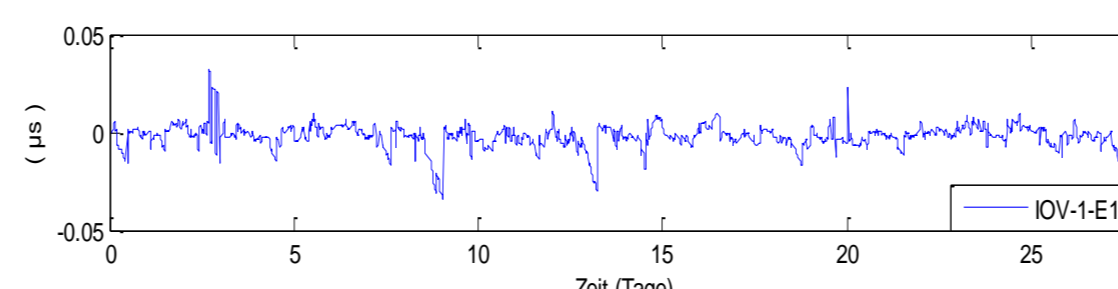


Abb. 5: Abweichungen zwischen *broadcast*- und präzisen Satellitenuhrkorrekturen des Galileo-Satelliten IOV-1 E11

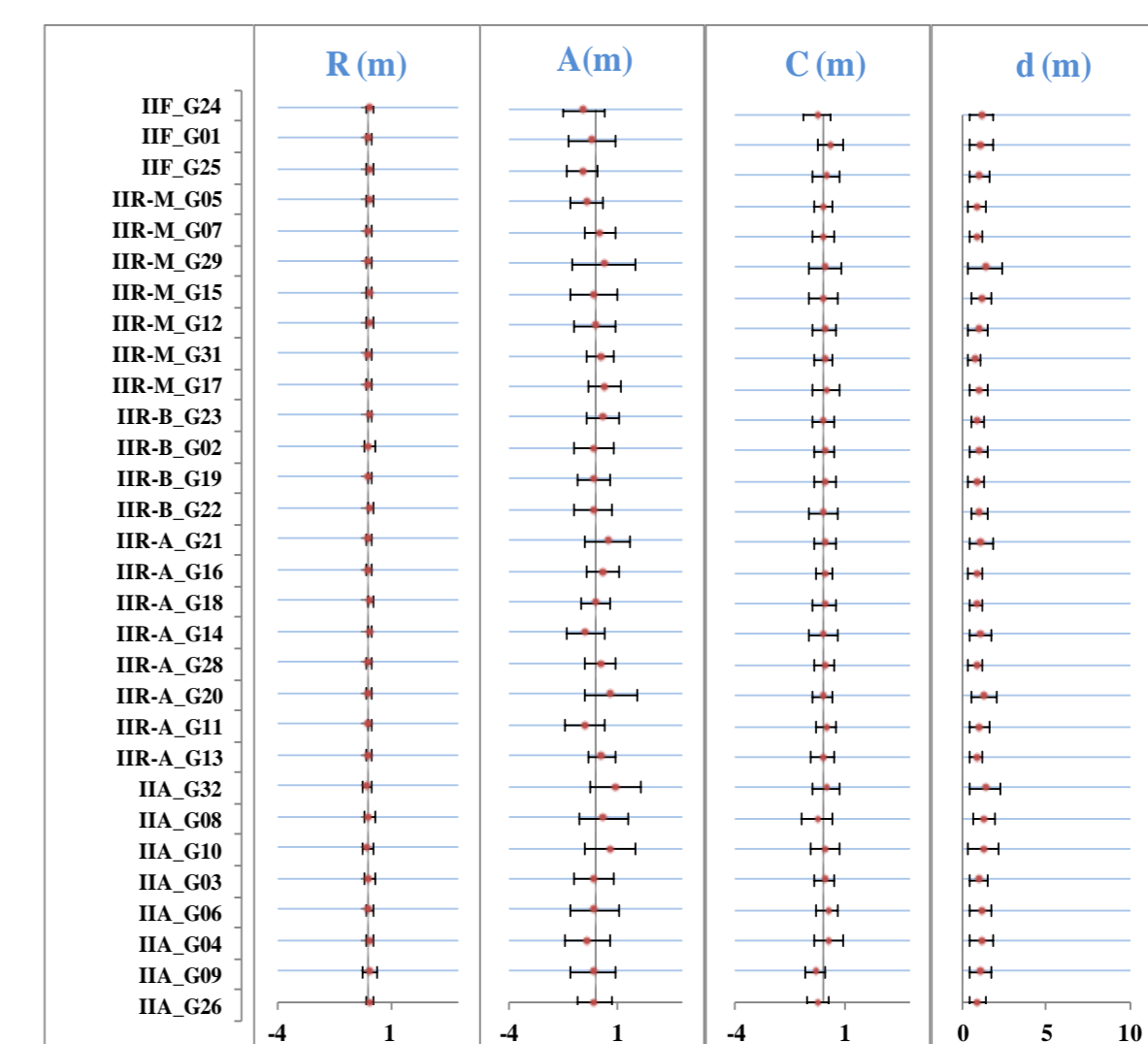


Abb. 6: Mittelwerte und Standardabweichungen in radial (R), alongtrack (A), crosstrack (C) und Gesamtfehler (d) der GPS-Satelliten

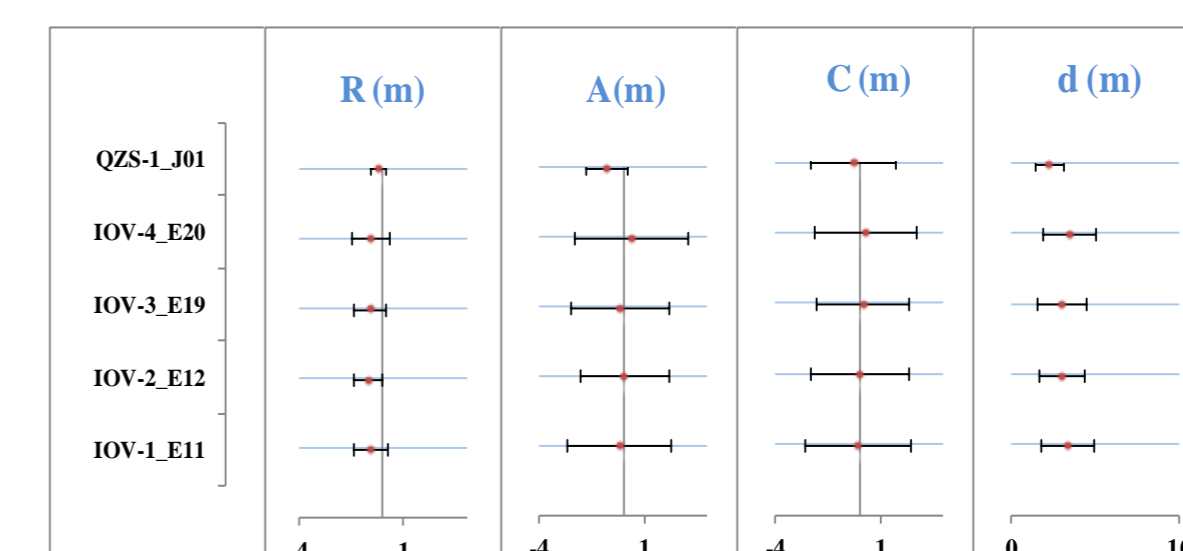


Abb. 7: Mittelwerte und Standardabweichungen in radial (R), alongtrack (A), crosstrack (C) und Gesamtfehler (d) der Galileo- und des QZSS-Satelliten

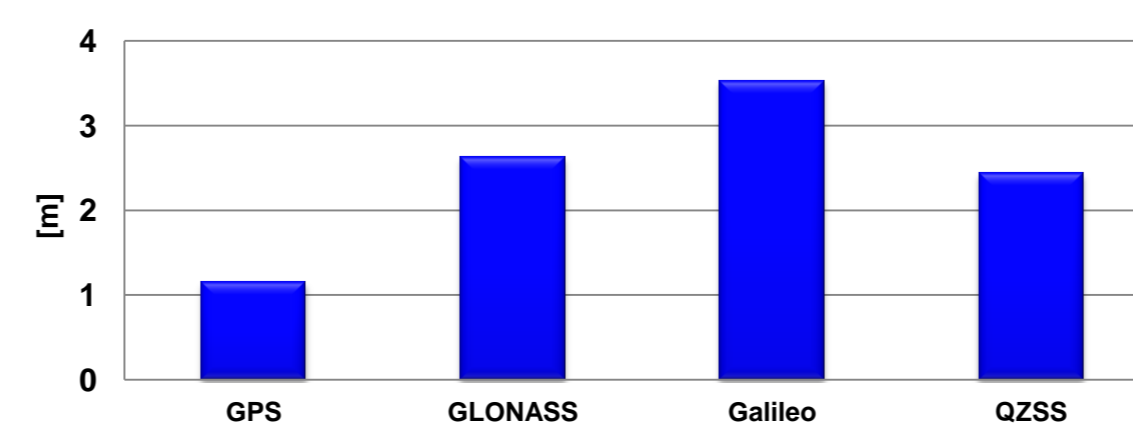


Abb. 8: Gesamt-RMS der *broadcast*-Satellitenposition

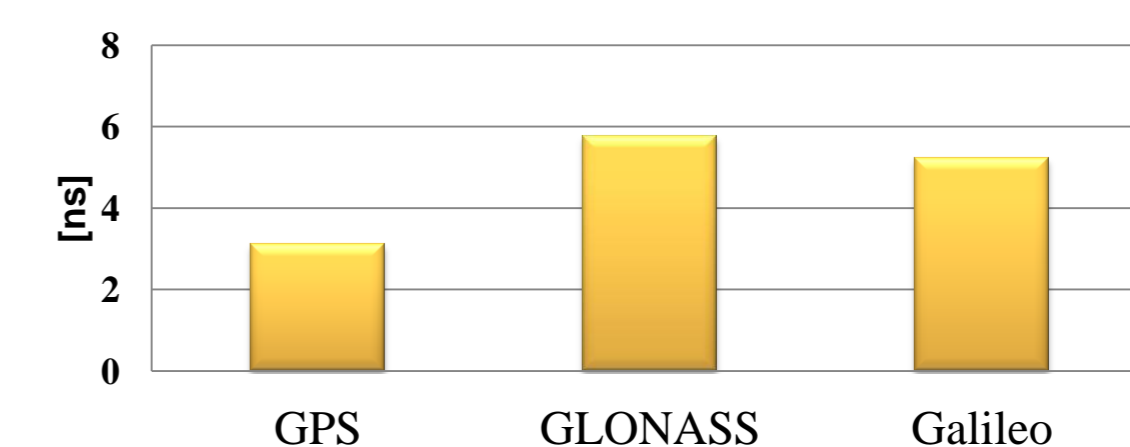


Abb. 9: Gesamt-RMS der *broadcast*-Satellitenuhrkorrektur [ns]

Jedoch konnten für die neueren GPS-Satellitenmodelle die besten Genauigkeiten für die Satellitenuhrkorrektur festgestellt werden.

Der Vergleich der GNSS untereinander zeigt, dass die *broadcast*-Ephemeriden von GPS am genauesten sind, gefolgt von

GLONASS. Die neuen GNSS Galileo und QZSS befinden sich noch im Aufbau und weisen derzeit eine geringere Genauigkeit der *broadcast*-Ephemeriden auf als die bereits bestehenden vollständigen Systeme.