



# Die *broadcast*-Ephemeriden der vier GNSS im Qualitätsvergleich

Susanne Beer

Hael Sumaya

Lambert Wanninger



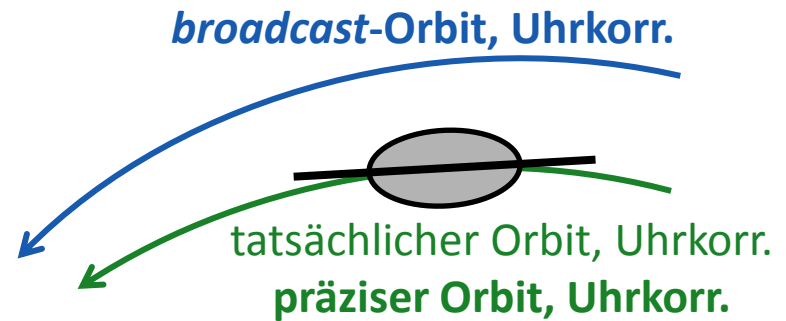
Geodätische Woche, 7.-9.10.2014, Berlin



# Motivation

- derzeit 4 GNSS, mit denen einzeln oder kombiniert Positionsbestimmungen möglich sind:
  - GPS (32)
  - GLONASS (24)
  - Galileo ( 4)
  - BeiDou (5 GEO, 5 IGSO, 4 MEO)
- bisherige Untersuchungen: GPS, GLONASS  
(oft ohne Uhrkorrektion)
- Qualität und Vergleich der ***broadcast***-Ephemeriden aller 4 GNSS
  - **Orbits**
  - **Uhrkorrekturen**

# Datengrundlage



- präzise Ephemeriden

- GPS: finales IGS-Produkt (15 min)
- GLONASS: ESA-Produkt (15 min)
- Galileo: MGEX-Produkt, TU München ( 5 min)
- BeiDou: MGEX-Produkt, Universität Wuhan ( 5 min)

- **broadcast**-Ephemeriden

- Multi-GNSS-Navigationsdateien global verteilter Beobachtungsstationen
- nicht-redundante, zeitlich geordnete Datensätze
- Bereitstellung durch MGEX-Kampagne des IGS

# Methodik – Orbits

- Antennen-Offset
  - präzise Orbits: Bezug Massezentrum
  - ***broadcast***-Orbits: Bezug i.d.R. Ant.phasenzentrum
- Antennen-Offset-Korrektur wie bei der Generierung der ***broadcast***-Ephemeriden

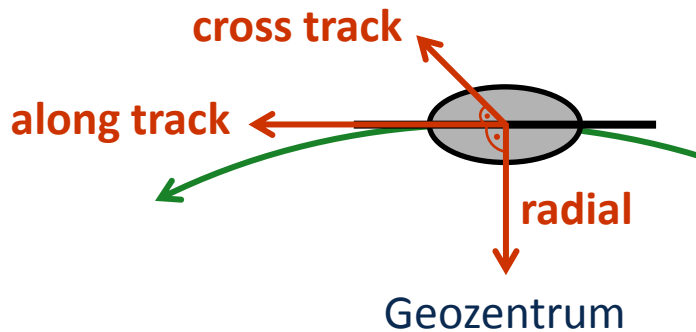
<b>GNSS</b>	<b>verwendete Antennen-Offset</b>
GPS	National Geospatial-Intelligence Agency (NGA)
GLONASS	IGS-Antennen-Offsets (igs08.atx)
Galileo	MGEX
BeiDou	keine

# Methodik – Uhrkorrekturen

- präzise Ephemeriden: GPS-Zeit  
**broadcast**-Ephemeriden: GNSS-spezifische Systemzeit
  - Schaltsekunden
- präzise und **broadcast**-Uhrkorrekturen unterscheiden sich um die relativistische Uhrkorrektur
  - Berücksichtigung
- unterschiedliche Master-Uhren zur Realisierung der GNSS-Systemzeit
  - Abzug eines GNSS-spezifischen epochenweisen Mittels
- präzise und **broadcast**-Uhrkorrektur können auf unterschiedlichen Signalen/Linearkombinationen basieren
  - Bias-Korrektur (BeiDou)

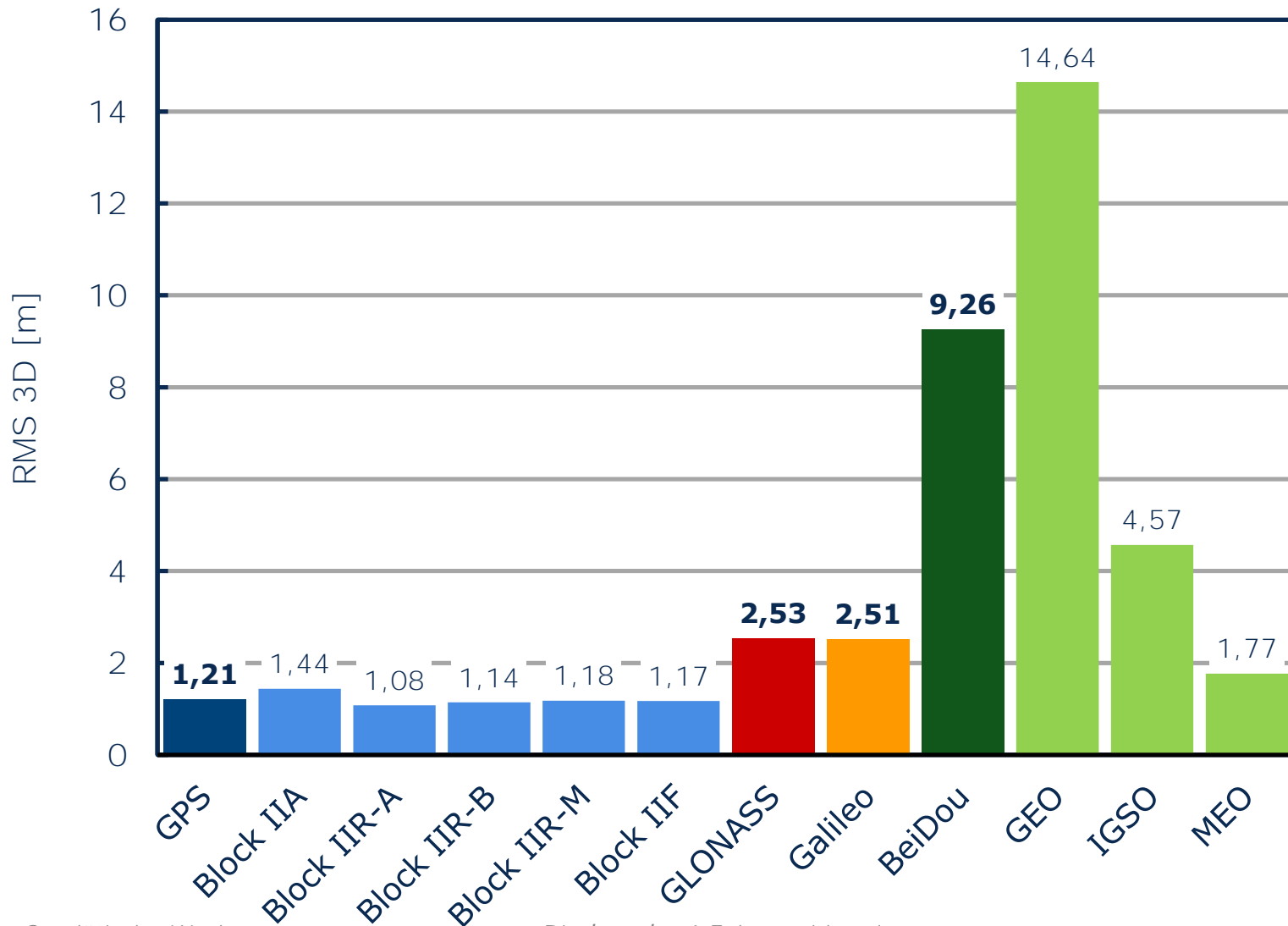
# Ergebnisse

- Analysezeitraum: 4 Wochen im Mai 2014 (DoY 121-148/2014)
- Orbitunterschiede in Richtung radial, along track, cross track, 3D [m]

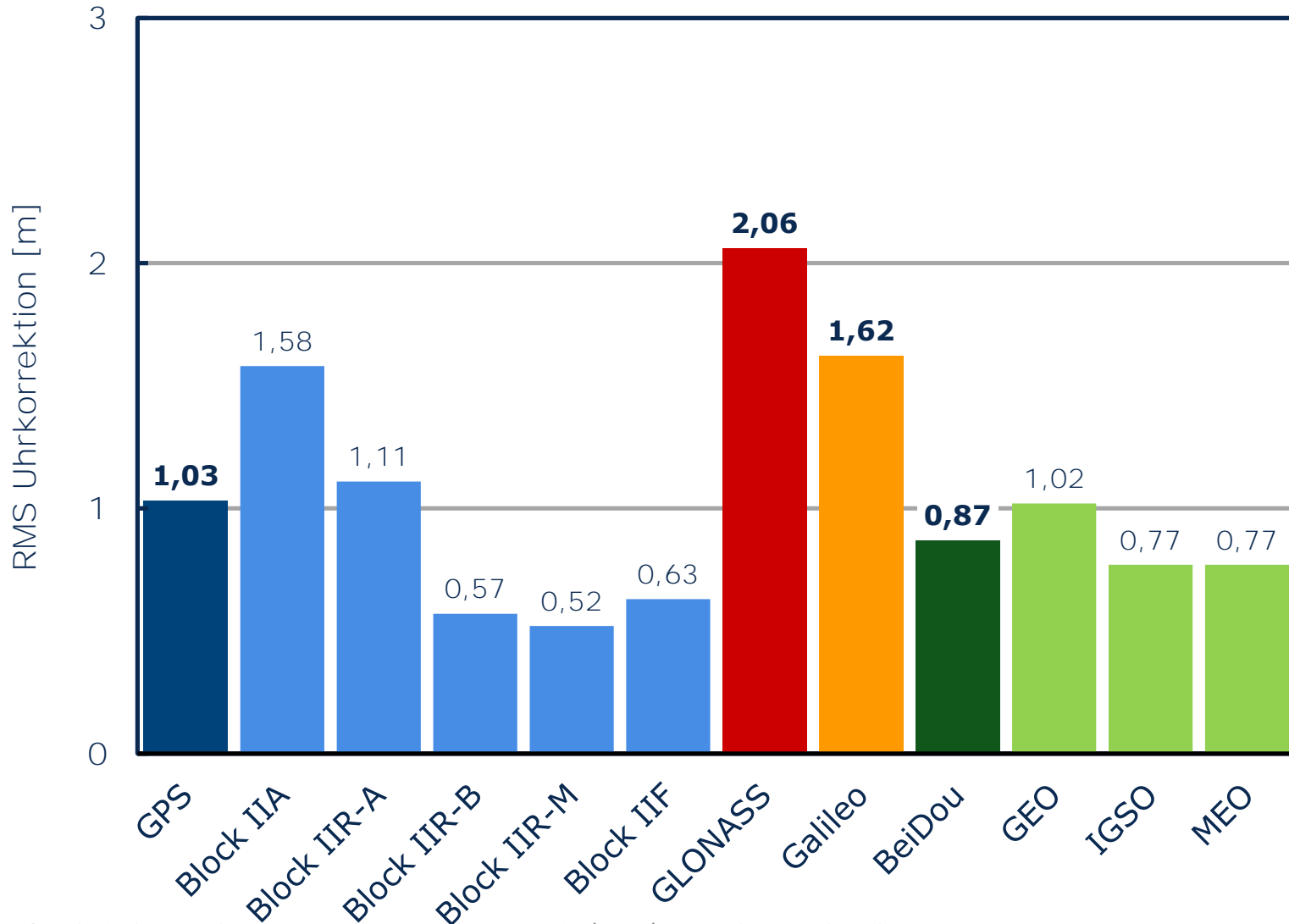


- Unterschiede der Uhrkorrekturen in [m]
- Eliminierung grober Ausreißer

# Ergebnisse – Orbits



# Ergebnisse – Uhrkorrekturen





# Zusammenfassung und Ausblick

- Herstellen von Konsistenz zwischen präzisen und **broadcast**-Ephemeriden für Vergleich unabdingbar
- BeiDou MEOs und GPS auf ähnlichem Niveau
- Status quo!
- siehe auch Montenbruck u.a. (2014), GPS Solutions

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Susanne Beer  
Geodätisches Institut  
Technische Universität Dresden

<http://tu-dresden.de/gi/gg>  
[susanne.beer@tu-dresden.de](mailto:susanne.beer@tu-dresden.de)

# Ergänzungen

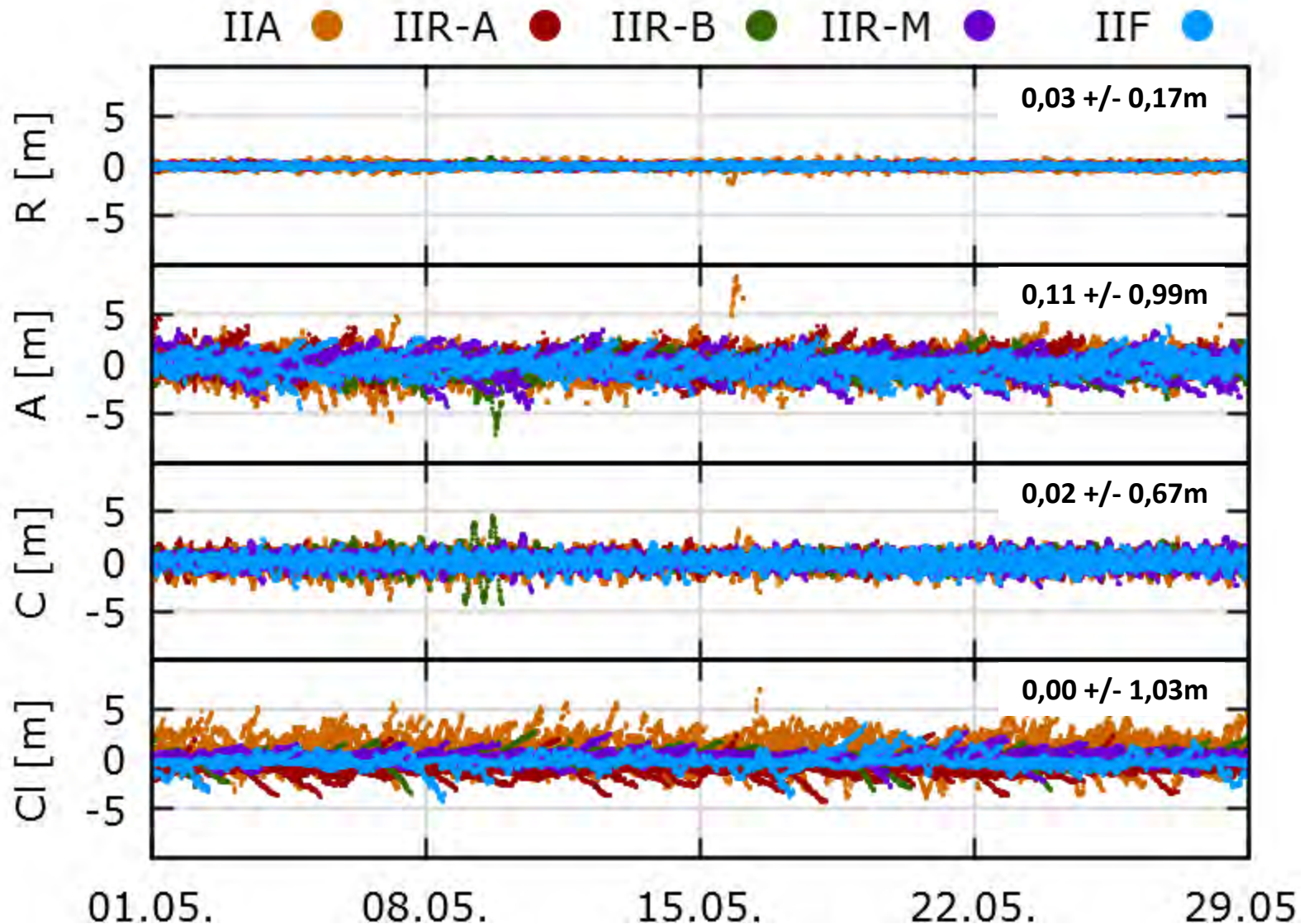
# Methodik – Orbits

- Präzise Ephemeriden:
  - erdfeste geozentrische Koordinaten
  
- ***broadcast***-Ephemeriden:
  - Bahn-Elemente und Uhr-Polynome
    - kartesische Koordinaten im erdfesten geozentrischen Koordinatensystem zu bestimmten Zeitpunkten
  - GLONASS: Zustandsvektor zu einem bestimmten Zeitpunkt und Beschleunigungen

# Methodik – Uhrkorrekturen – DCBs

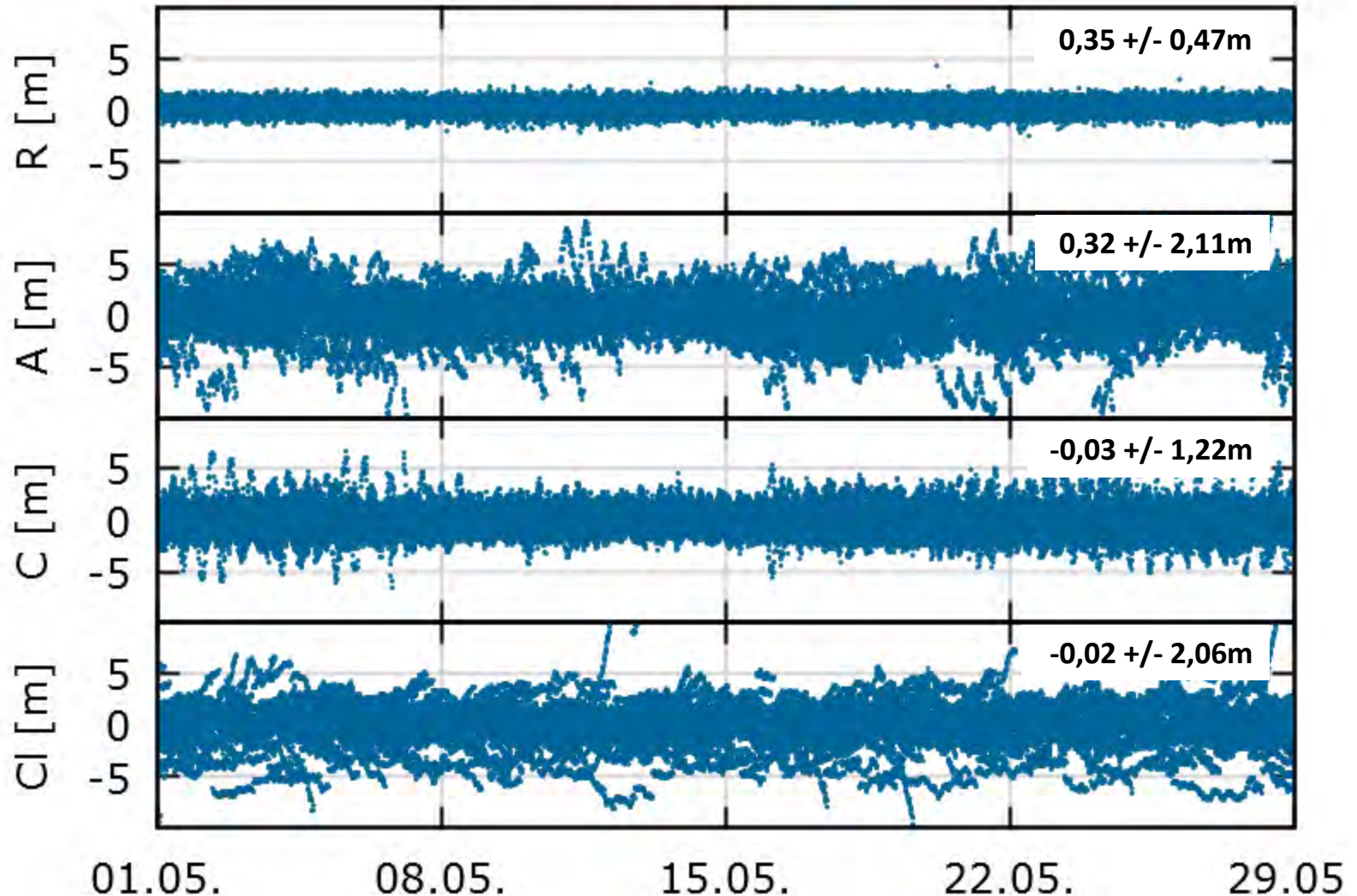
- GPS, GLONASS, Galileo
  - sowohl **broadcast**- als auch präzise Uhrkorrektur basieren auf ionosphärenfreier Linearkombination
- BeiDou
  - präzise Uhrkorrekturen basieren auf ionosphärenfreier Linearkombination B1/B2
  - **broadcast**-Uhrkorrekturen basieren auf Einfrequenz-B3-Code-Beobachtungen
  - DCBs B1-B3 und B2-B3 bereitgestellt durch MGEX
  - Bias-Korrektur  $DCB_{IF(B1,B2)} = \frac{f_{B1}^2}{f_{B1}^2 - f_{B2}^2} \cdot DCB_{B1-B3} - \frac{f_{B2}^2}{f_{B1}^2 - f_{B2}^2} \cdot DCB_{B2-B3}$

# Ergebnisse – GPS

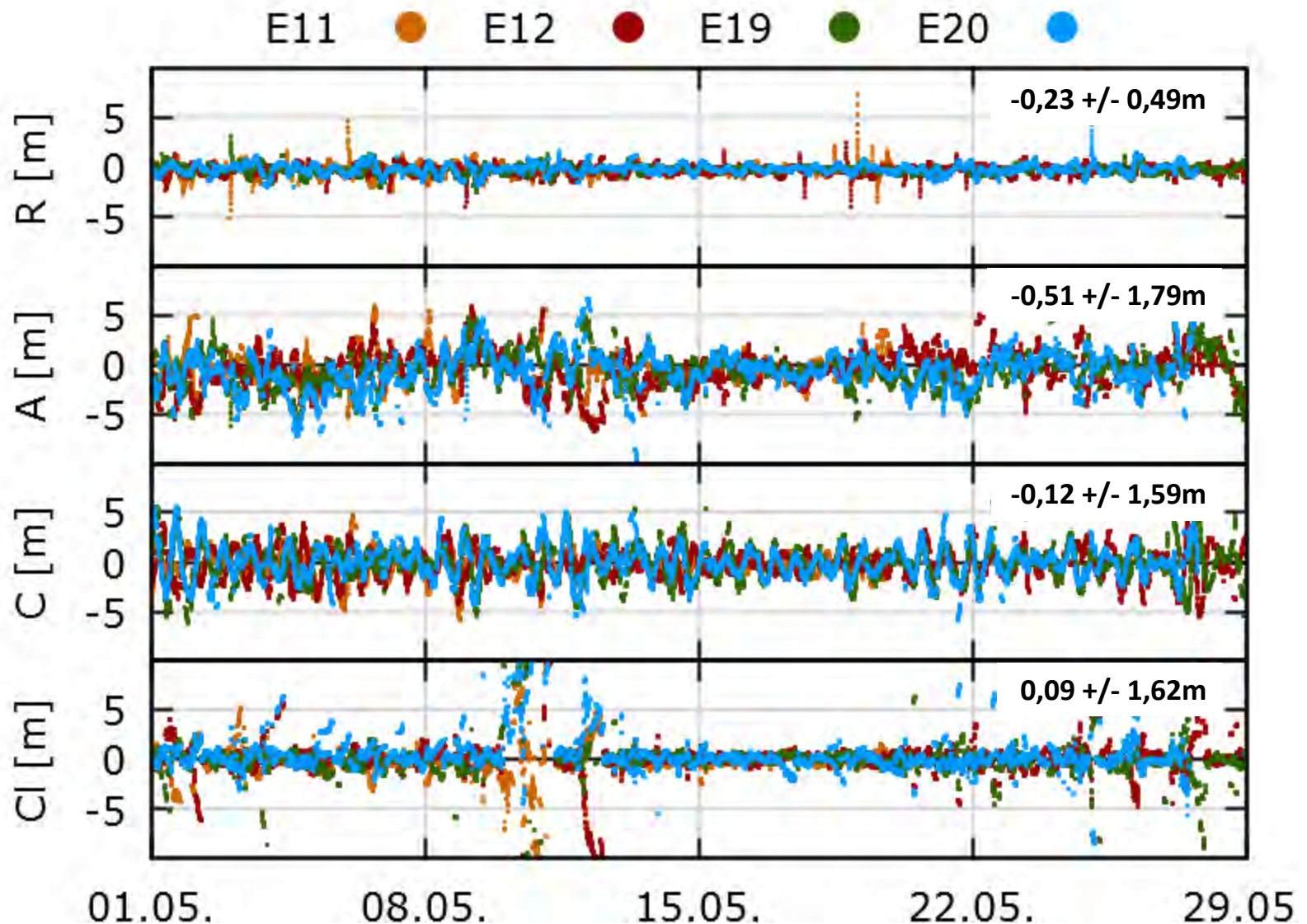


# Ergebnisse – GLONASS

GLONASS-M

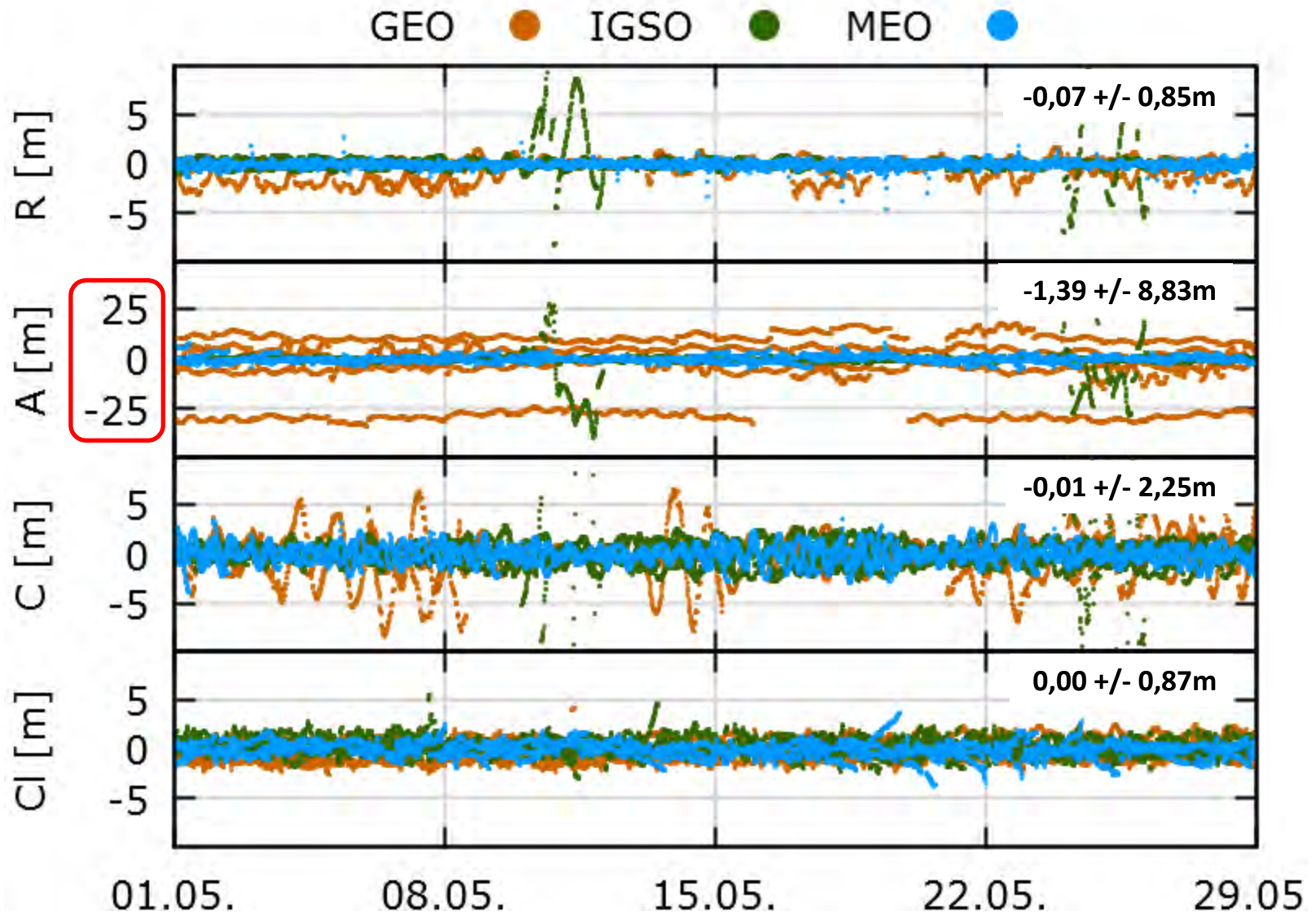


# Ergebnisse – Galileo





# Ergebnisse – BeiDou



# Literatur

- Heng, L., Gao, G.X., Walter, T., Enge, P. (2011): Statistical Characterization of GLONASS Broadcast Ephemeris Errors. Proc. ION ITM 2011, 3109-3117
- Heng, L., Gao, G.X., Walter, T., Enge, P. (2011): Statistical Characterization of GPS Signal-In-Space Errors. Proc. ION ITM 2011, 312-319
- Montenbruck, O. und Steigenberger P. (2013): The BeiDou Navigation Message. J Glob Position Syst, DOI 10.5081/jgps.12.1.1
- Montenbruck, O., Steigenberger P., Hauschild, A. (2014): Broadcast versus precise ephemerides: a multi-GNSS perspective. GPS Solut, DOI 10.1007/s10291-014-0390-8
- Steigenberger, P., Hugentobler, U., Loyer, L., Perosanz, F., Prange, L., Dach, R., Uhlemann, M., Gendt, G., Montenbruck, O. (2014): Galileo orbit and clock quality of the IGS Multi-GNSS Experiment. J Adv Space Res, <http://dx.doi.org/10.1016/j.asr.2014.06.030>