

Geodätische Woche, 26.-28. September 2017, Berlin

---

# Beobachtung von GNSS Satelliten mit VLBI

---

**Andreas Hellerschmied • Johannes Böhm**

Technische Universität Wien, Austria

**Lucia McCallum • Jamie McCallum**

University of Tasmania, Australia

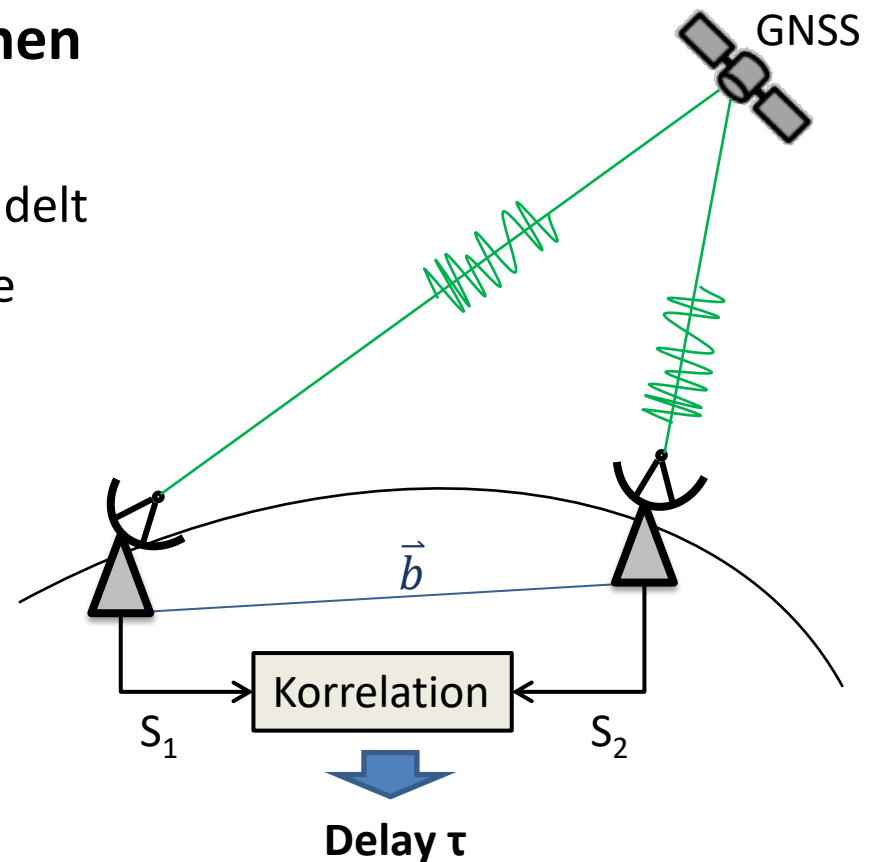
**Tim Natusch**

Auckland University of Technology, New Zealand



# Einleitung

- **Direkte Beobachtung von GNSS L-Band Signalen mit VLBI Antennen**
  - **Ableitung von Basislinien-Delays**
    - GNSS Signale als Rauschen behandelt
    - Verwendung der VLBI Signal-Kette
- **Langzeitziele u.a.:**
  - GNSS Orbits im CRF
  - Verknüpfung der terrestrischen GNSS- und VLBI-Referenzrahmen



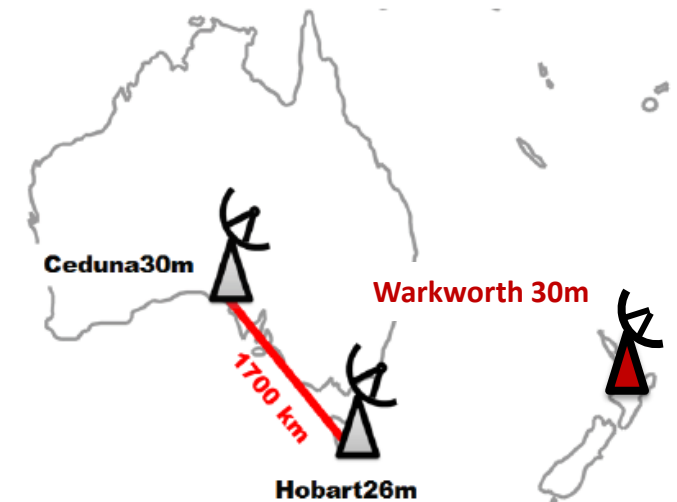
# Unsere Tests in 2015/2016

Exper. code	Datum	Dauer	Beob. Ziele	Stationen	Kommentare
---	June 2015	---	GPS, Glonass	Ho, Cd	Erste tracking Tests
179a	28.6.2015	2 h	GPS, Glonass	Ho, Cd	Verschiedene Beobachtungsmodi getestet
236a	24.8.2015	4 h	GPS	Ho, Cd	Fixierte Frequenzen, dual polarization
238a	26.8.2015	4 h	GPS, Glonass	Ho, Cd	Fixierte Frequenzen, dual polarization
126b	5.5.2016	6 h	GPS	Ho, Cd	DBBC in Ho, kein Mk4
131a	10.5.2016	6 h	GPS	Ho, Cd	DBBC+Mk4 in Ho (redundantes Recording)
g336	1.12.2016	3 h	GPS	Ho, Cd, Wa	<b>Erstes 3-Stationen Experiment</b>

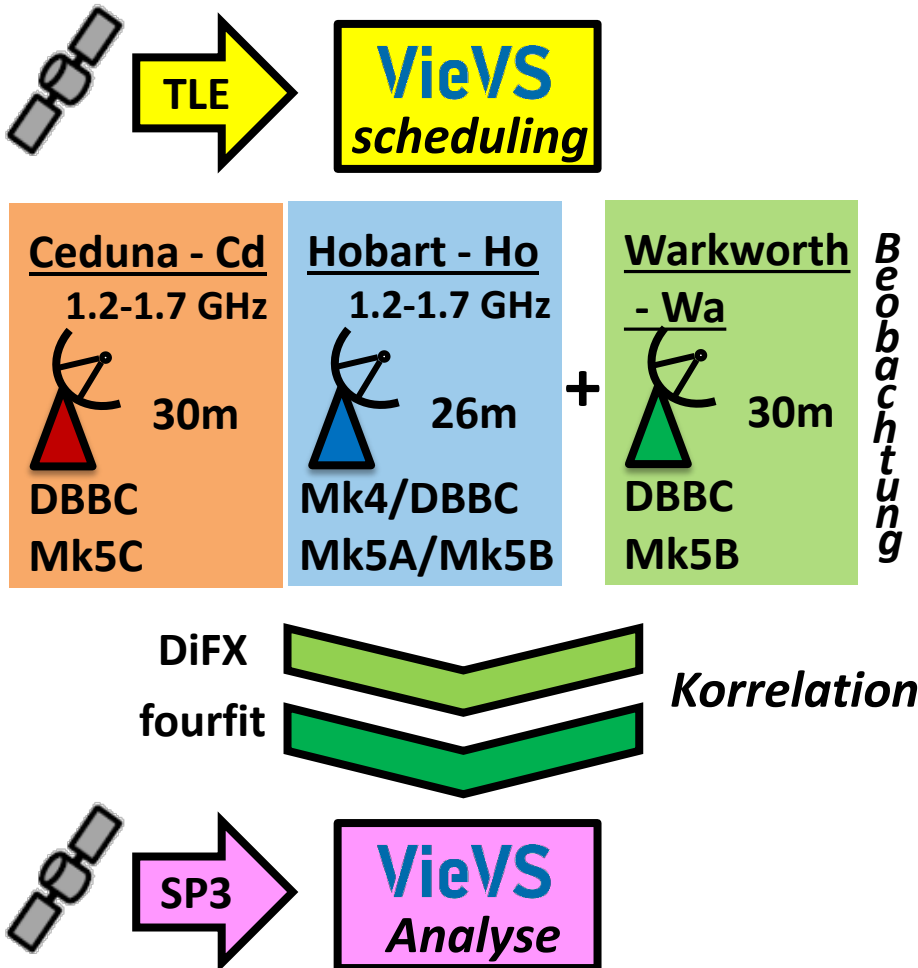
- L1 + L2 Signale
- Tracking von GPS und GLONASS

Ziel:

„geschlossene Prozess-Kette vom Scheduling bis zur Analyse“



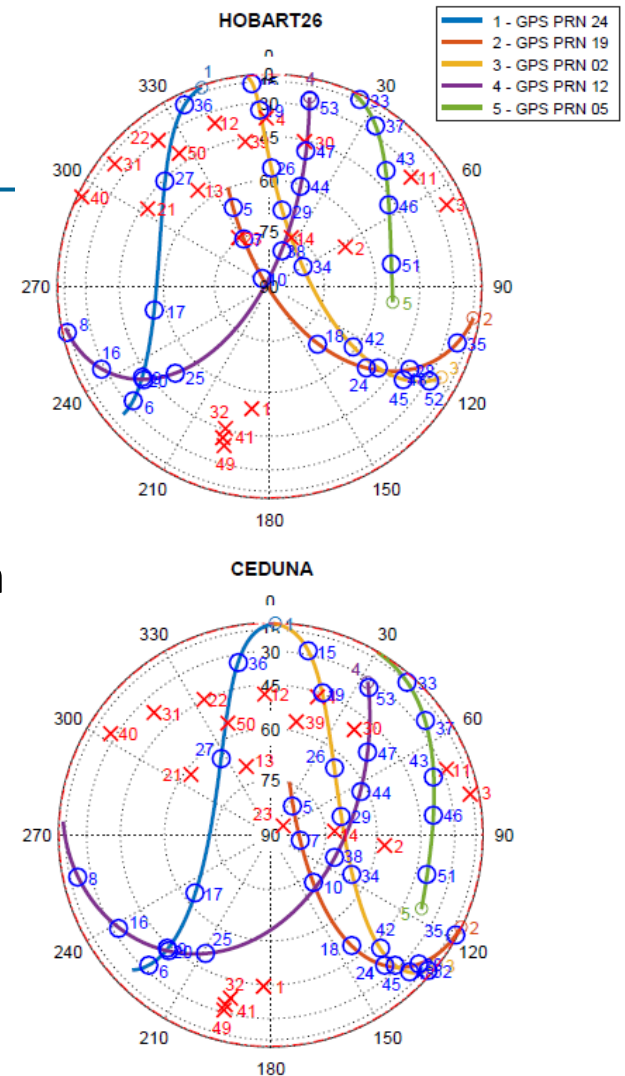
# Überblick



- **Vienna VLBI and Satellite Software (VieVS)** für Scheduling und Analyse
- **„Astronomische“ Antennen:**
  - L-Band Empfänger
  - Linear polarisierte Feeds
  - Groß & langsam
- Nach Möglichkeit wurden **Standardprozesse** verwendet

# Scheduling

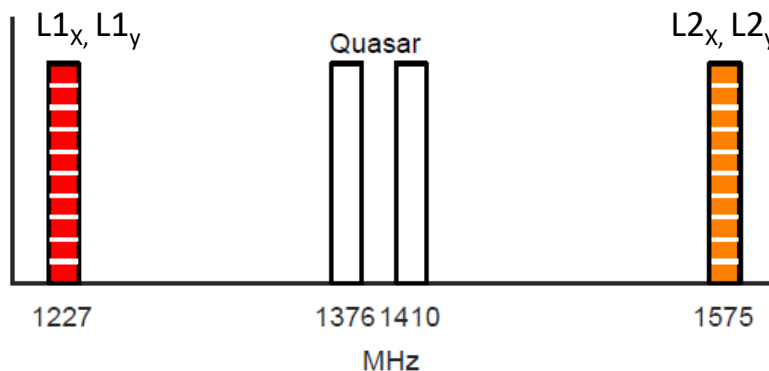
- **Beobachtungsplanung mit dem VieVS Satellite Scheduling Module**
  - Definition des zeitlichen Ablaufs eines Experiments
  - Kontrolldateien für VLBI Stationen (Antennen & Rekorder) und Korrelation
- **Experiment Design**
  - 4 bis 5 GNSS Satelliten mehrmals in einer Session jeweils für 5 Minuten beobachtet
  - Quasare als Kalibrierungsquellen zwischen den Satelliten Scans



Sky-Plots für das 131a Experiment

# Beobachtungsmodus

- 8 Kanäle mit 16 MHz Bandbreite
- 2 bit Sampling
- Zwei orthogonale, lineare Polarisationen aufgezeichnet: X, Y
  - 4 Kanäle für Satelliten:  $L1_x$ ,  $L1_y$ ,  $L2_x$ ,  $L2_y$
  - Zusätzlich 4 Kanäle für Quasare

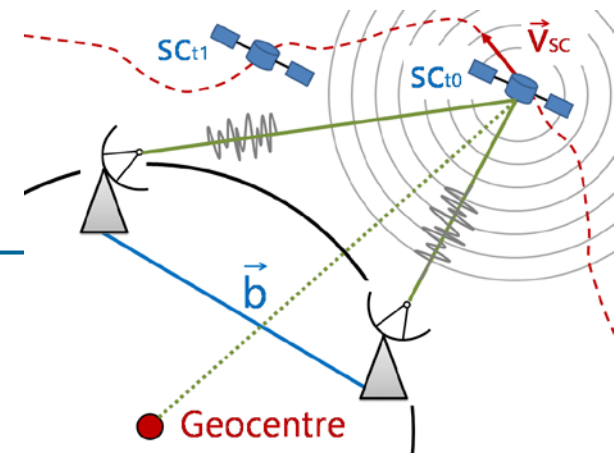


Anordnung der 16 MHz Kanäle.



Live L1 GPS Signalspektrum in Session 179a.

# Korrelation & Fringe Fitting



- **Korrelation mit DiFX Software**

- Standard a priori Delay-Modell für Quasare mit Nahfeld-Delay-Modell für Satelliten ersetzt (berechnet in VieVS)

- **Fringe Fitting mit fourfit zur Berechnung von Delays**

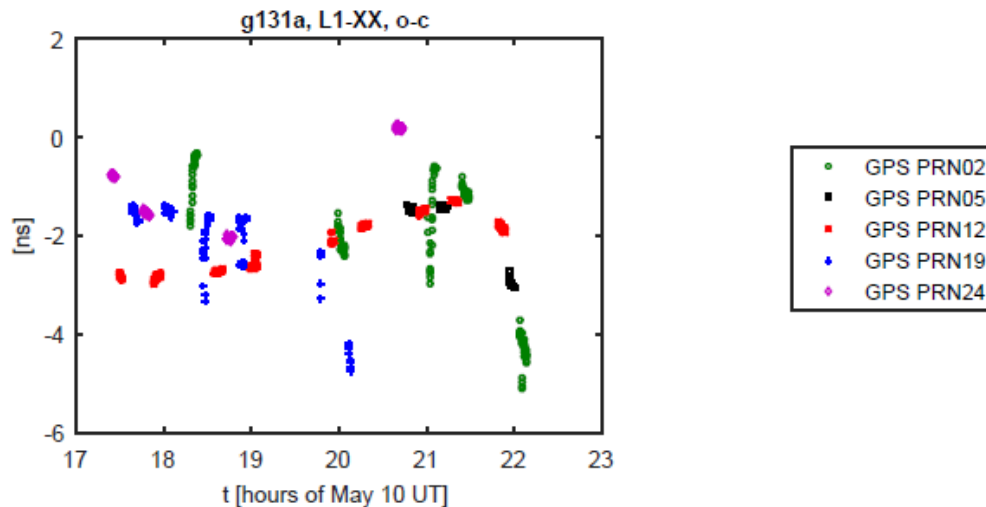
- ➔ Pro Beobachtung 4 Delay-Resultate entsprechend der möglichen Polarisationsprodukte (XX, XY, YX, YY) jeweils für L1 und L2
- Aufgrund der zirkular polarisierten GNSS Signale können diese als gleichwertig betrachtet werden



Analyse der Delays in **VieVS**

# Delay Residuen (L1, XX-Polarisation)

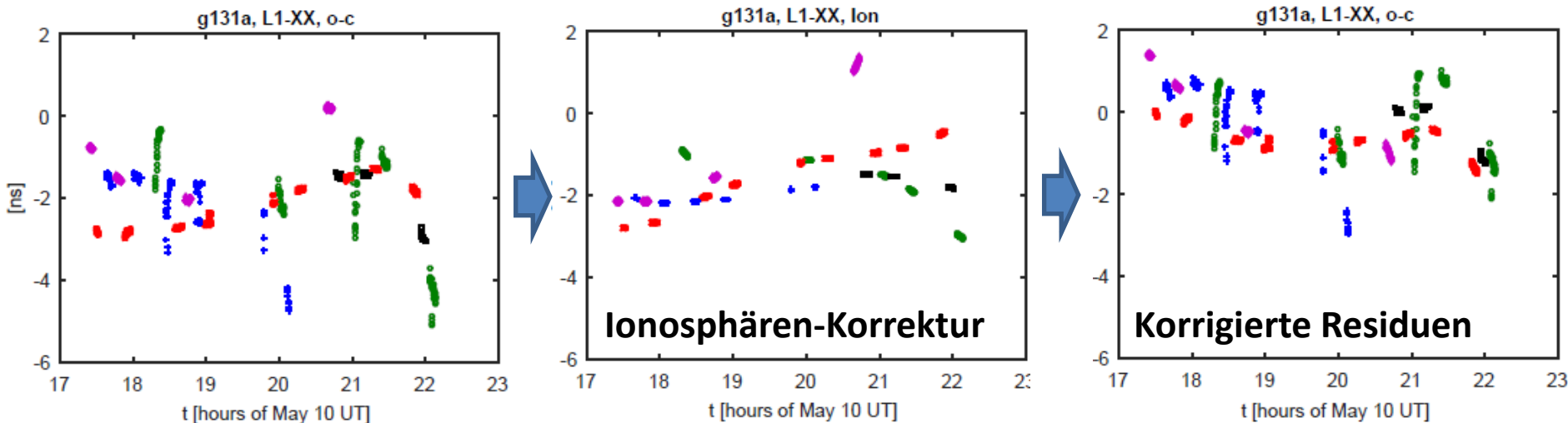
- 126b und 131a: Residuen (observed minus computed) **innerhalb von  $\sim 8$  ns ( $\sim 2.5$  m) über die gesamten 6 h**





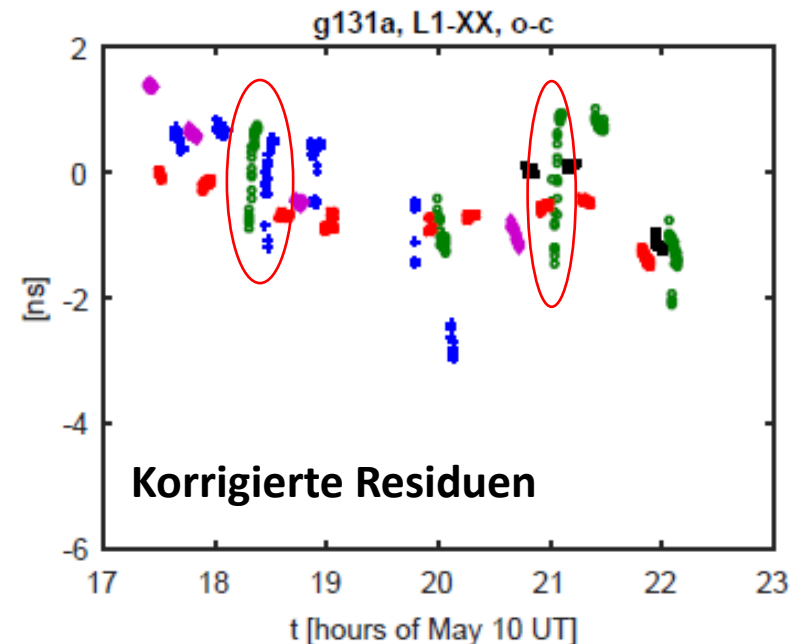
# Delay Residuen (L1, XX-Polarisation)

- 126b und 131a: Residuen (observed minus computed) **innerhalb von  $\sim 8$  ns ( $\sim 2.5$  m) über die gesamten 6 h**
- Ionosphären-Korrektur berechnet aus TEC maps (*Tierno Ros et al. 2011*)  
→ Residuen fallen auf  $\sim 4$  ns ( $\sim 1.2$  m)



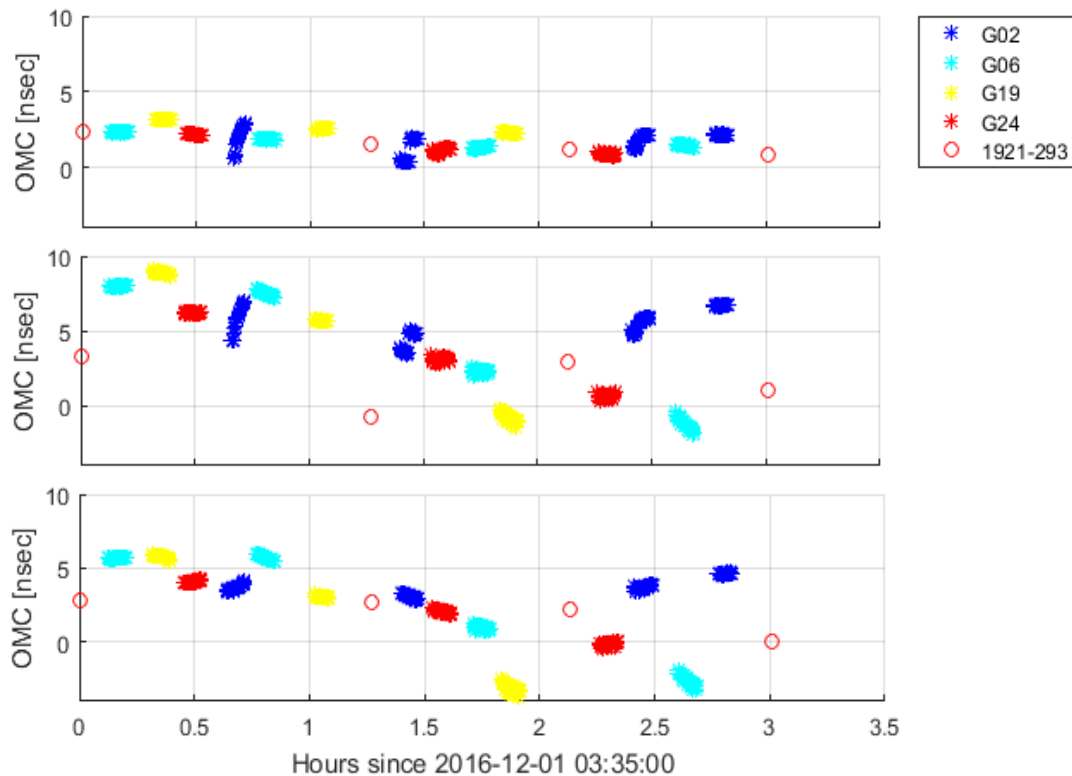
# Delay Residuen (L1, XX-Polarisation)

- 126b und 131a: Residuen (observed minus computed) **innerhalb von  $\sim 8$  ns ( $\sim 2.5$  m) über die gesamten 6 h**
- Ionosphären-Korrektur berechnet aus TEC maps (*Tierno Ros et al. 2011*)  
→ Residuen fallen auf  $\sim 4$  ns ( $\sim 1.2$  m)
- Rapide Änderungen in den Residuen bedingt durch...
  - Polarisationseffekte?
  - Probleme mit Verstärkung und Signalpegel im Empfänger?



# Delay Residuen: Ho-Cd-Wa (g336)

- AGC in DBBC deaktiviert während Signalaufzeichnung in Cd & Ho  
→ Verstärkung konstant während 5 min Scans




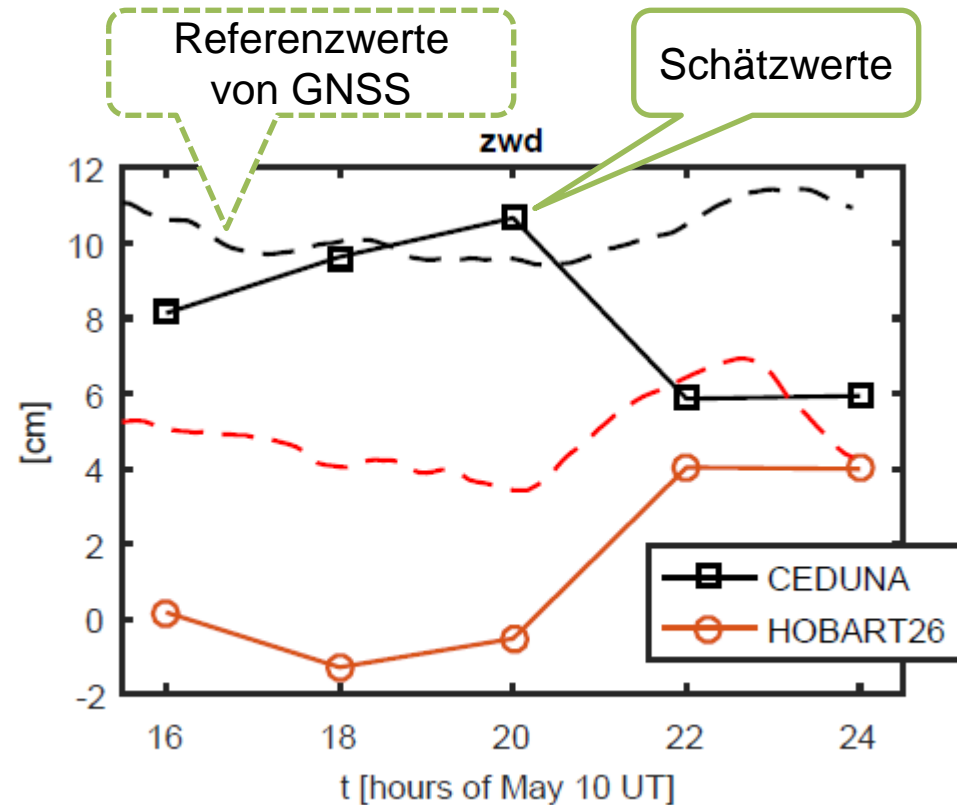
Cd-Ho: ~ 3 ns

Cd-Wa: ~ 10 ns

Ho-Wa: ~ 10 ns

# Analyse

- In  **VieVS**  
Vienna VLBI and Satellite Software
- Parameterschätzung:
  - Uhren (Offset + Rate)
  - ZWD (alle 2 Stunden)
  - Stationskoordinaten und EOPs fixiert
- Post-fit Residuen im Bereich von 10-20 cm (WRMS)



Geschätzte zenith wet delays (ZWD) für Session 131a.

# Zusammenfassung

---

- ✓ Entwicklung einer **geschlossenen Prozesskette für VLBI Satellitenbeobachtungen vom Scheduling bis zur Analyse**
  - *Plank et al. (2017), VLBI observations to satellites of the GNSS: from scheduling to analysis, J Geod, Vol 91*
  
- ✓ **Erstes 3 Stationen Experiment** im Dezember 2016 (Ho-Cd-Wa)
  
- **Antennen-Hardware** in Cd/Ho/Wa **nicht ideal** für Satellitenbeobachtungen
  - Große & langsame Antennen (Astronomie), linear polarisierte feeds, etc.

# Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

---

## Kontakt:

*andreas.hellerschmied@geo.tuwien.ac.at*

## Referenzen:

- Böhm et al. (2012), The New Vienna VLBI Software, Proceedings of the 2009 IAG Symposium, Buenos Aires, Argentina, 31 August 2009 - 4 September 2009, Series: International Association of Geodesy Symposia, Vol. 136, Kenyon S, Pacino MC, and Marti U (eds.), ISBN 978-3-642-20337-4, pp 1007-1012
- Biancale et al. (2017), E-GRASP/Eratosthenes: a mission proposal for millimetric TRF realization, EGU General Assembly Abstracts 2017, vol. 19
- Hellerschmied et al. (2015), Scheduling of VLBI Observations to Satellites with VieVS, Proceedings of the IAG Symp., REFAG 2014. Luxembourg, Series: International Association of Geodesy Symposia, DOI 10.1007/1345\_2015\_183
- Nerem & Draper (2011), Geodetic Reference Antenna in Space', GRASP proposal sub-mitted in response to NNN11ZDA0120 (NASA)
- Plank et al. (2014), Precise station positions from VLBI observations to satellites: a simulation study, J Geod, Vol 88, pp 659–673
- Plank et al. (2017), VLBI observations to satellites of the GNSS: from scheduling to analysis, J Geod, Vol 91, pp 867-880
- Tierno Ros et al. (2011), Use of GNSS-derived TEC maps for VLBI observations, EVGA working meeting proceedings, Bonn, 2011, pp 114-117

**FWF** Der Wissenschaftsfonds.

*Erwin Schrödinger Fellowship J 3699-N29*  
*Project SORTS – I 2204*

