
Kombination subtäglicher EOPs

Integration der geodätischen Raumverfahren und Aufbau eines Nutzerzentrums
im Rahmen des Internationalen Erdrotationsdienstes (IERS)



im Rahmen des Forschungsprogramms
Geotechnologien

Robert Dill
Markus Rothacher

Forschungseinrichtung Satellitengeodäsie



Kombination subtäglicher EOPs

Daten

Xpol / Ypol UT1-UTC
 Δ lod

GPS:

02.01.1995 - 31.12.2000

52584 Epochen

VLBI:

03.01.1995 - 29.12.1999

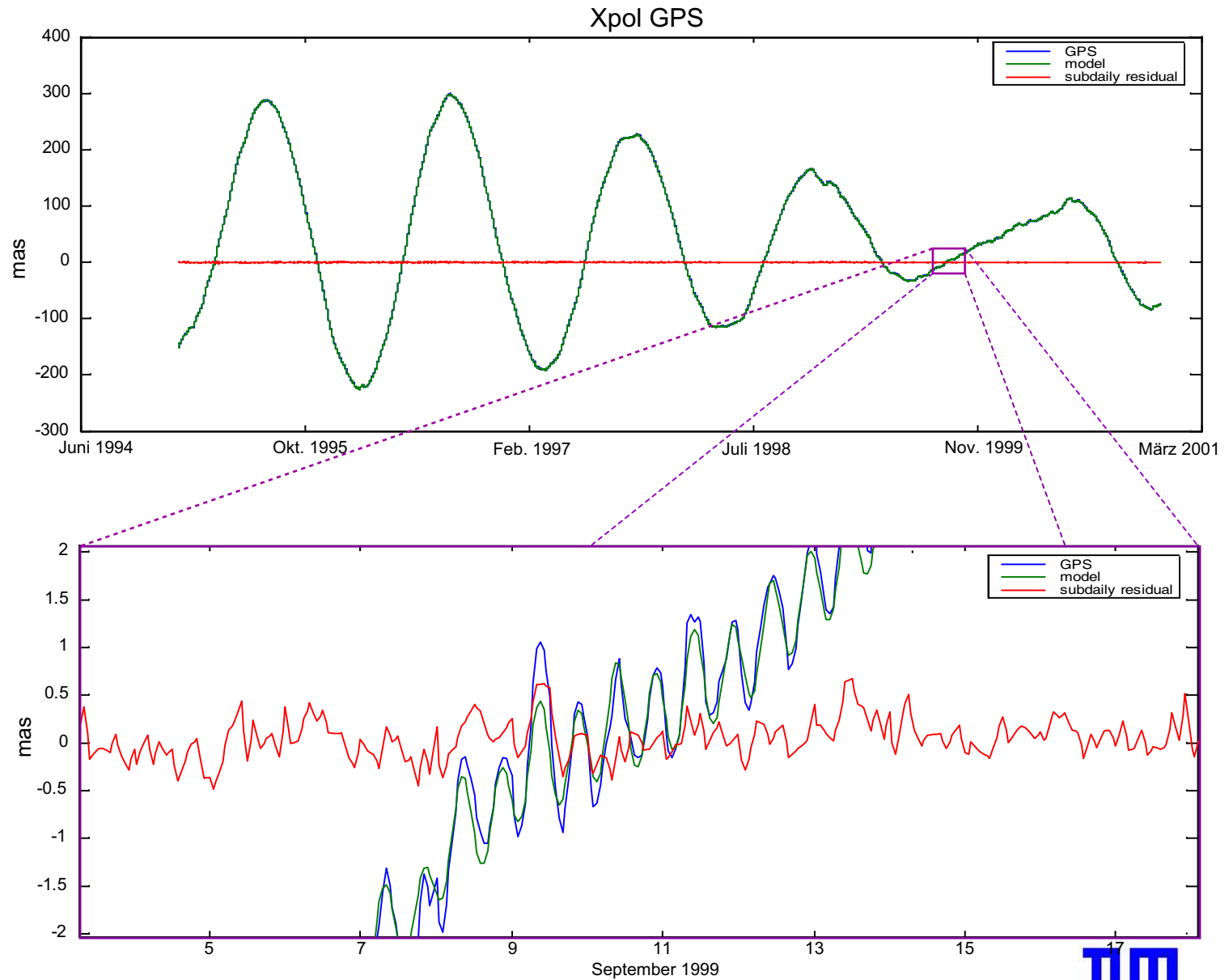
12464 Epochen

2040 gemeinsame Epochen

Modell:

a priori Pol IERS Bulletin A

reference subdaily ERP model (Ray 96)



Kombination subtäglicher EOPs

Problemstellung:

Ziel:



Kombination subtäglicher EOPs

Problemstellung:

- unregelmäßige Zeitreihen mit großen Datenlücken (VLBI)

Ziel:



Kombination subtäglicher EOPs

Problemstellung:

- unregelmäßige Zeitreihen mit großen Datenlücken (VLBI)
- **Ausreißer und schlechtes Signal-/Rauschverhältnis**

Ziel:



Kombination subtäglicher EOPs

Problemstellung:

- unregelmäßige Zeitreihen mit großen Datenlücken (VLBI)
- Ausreißer und schlechtes Signal-/Rauschverhältnis
- **zeitvariable Offsets und Driften**

Ziel:



Kombination subtäglicher EOPs

Problemstellung:

- unregelmäßige Zeitreihen mit großen Datenlücken (VLBI)
- Ausreißer und schlechtes Signal-/Rauschverhältnis
- zeitvariable Offsets und Driften
- **unterschiedliche Niveaus der Fehler**

Ziel:



Kombination subtäglicher EOPs

Problemstellung:

- unregelmäßige Zeitreihen mit großen Datenlücken (VLBI)
- Ausreißer und schlechtes Signal-/Rauschverhältnis
- zeitvariable Offsets und Driften
- unterschiedliche Niveaus der Fehler
- **GPS liefert nur 1. Abl. von UT1**

Ziel:



Kombination subtäglicher EOPs

Problemstellung:

- unregelmäßige Zeitreihen mit großen Datenlücken (VLBI)
- Ausreißer und schlechtes Signal-/Rauschverhältnis
- zeitvariable Offsets und Driften
- unterschiedliche Niveaus der Fehler
- GPS liefert nur 1. Abl. von UT1

Ziel:

Kombination von subtäglichen EOPs aus GPS und VLBI



Kombination subtäglicher EOPs

Kombinationsverfahren: **Combined Smoothing**

J.Vondrak, A.Cepek, 2000: Combined smoothing method and its use in combining Earth orientation parameters measured by space techniques.
Astron. Astrophys. Suppl. Ser. 147, 347-357

Smoothness:

$$S = \frac{1}{x_N - x_1} \int_{x_1}^{x_N} \ddot{\phi}^2 dx$$

Fidelity to GPS data:

$$F_{GPS} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^N w_i^{GPS} (y_i^{GPS} - y_i)^2$$

Fidelity to VLBI data:

$$F_{VLBI} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^N w_i^{VLBI} (y_i^{VLBI} - y_i)^2$$

Combination:

$$Q = S + f_{GPS} \cdot F_{GPS} + f_{VLBI} \cdot F_{VLBI} = \min$$



Kombination subtäglicher EOPs

Kombinationsverfahren: **Combined Smoothing**

J.Vondrak, A.Cepek, 2000: Combined smoothing method and its use in combining Earth orientation parameters measured by space techniques.
Astron. Astrophys. Suppl. Ser. 147, 347-357

Vorteile:

- Kombination ungleichmäßig verteilter Daten
- Nutzung der Fehlerangaben zur Gewichtung
- Unterdrückung hochfrequenten Rauschens
- Variable Optimierung zwischen Exaktheit und Glattheit
- Kombination mit 1. Zeitableitung möglich



Kombination subtäglicher EOPs

Kombinationsverfahren: **Combined Smoothing**

J.Vondrak, A.Cepek, 2000: Combined smoothing method and its use in combining Earth orientation parameters measured by space techniques.
Astron. Astrophys. Suppl. Ser. 147, 347-357

Vorteile:

- Kombination ungleichmäßig verteilter Daten
- Nutzung der Fehlerangaben zur Gewichtung
- Unterdrückung hochfrequenten Rauschens
- Variable Optimierung zwischen Exaktheit und Glattheit
- Kombination mit 1. Zeitableitung möglich

Probleme:

- lange Zeitreihen führen zu Speicherproblemen mit großen Matrizen
- hochfrequente Anteile werden durch Glättung zu stark gefiltert
- VLBI UT1-UTC bietet zu wenig Stützpunkte für die Integration von GPS Δlod ("freie" Schwingungen der Lagrange-Polynom-Darstellung)



Kombination subtäglicher EOPs

Kombinationsverfahren: **Combined Smoothing**

J.Vondrak, A.Cepek, 2000: Combined smoothing method and its use in combining Earth orientation parameters measured by space techniques.
Astron. Astrophys. Suppl. Ser. 147, 347-357

Vorteile:

- Kombination ungleichmäßig verteilter Daten
- Nutzung der Fehlerangaben zur Gewichtung
- Unterdrückung hochfrequenten Rauschens
- Variable Optimierung zwischen Exaktheit und Glattheit
- Kombination mit 1. Zeitableitung möglich

Probleme:

- lange Zeitreihen führen zu Speicherproblemen mit großen Matrizen
- hochfrequente Anteile werden durch Glättung zu stark gefiltert
- VLBI UT1-UTC bietet zu wenig Stützpunkte für die Integration von GPS Δlod ("freie" Schwingungen der Lagrange-Polynom-Darstellung)

Lösungsansatz: **3 - Schritt - Kombination**

- Separation der tieffrequenten Anteile -> Kombination / Eliminierung
- Kombination der hochfrequenten Anteile
- Kombination der tief- und hochfrequenten kombinierten Anteile

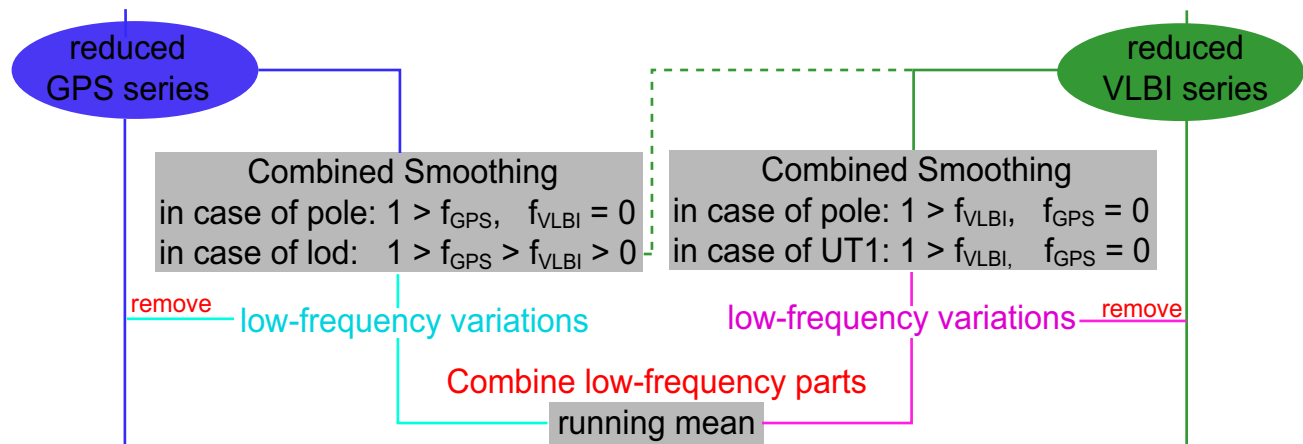


Kombination subtäglicher EOPs

3 - Schritt - Kombination:

Reduzierung der Beobachtungsdaten durch a priori EOPs (IERS Bulletin A) und Gezeitenmodell (Ray 1996)

- ➔ Bestimmung tieffrequenter Anteile und Separation.
Angleichung der Fehlerniveaus.

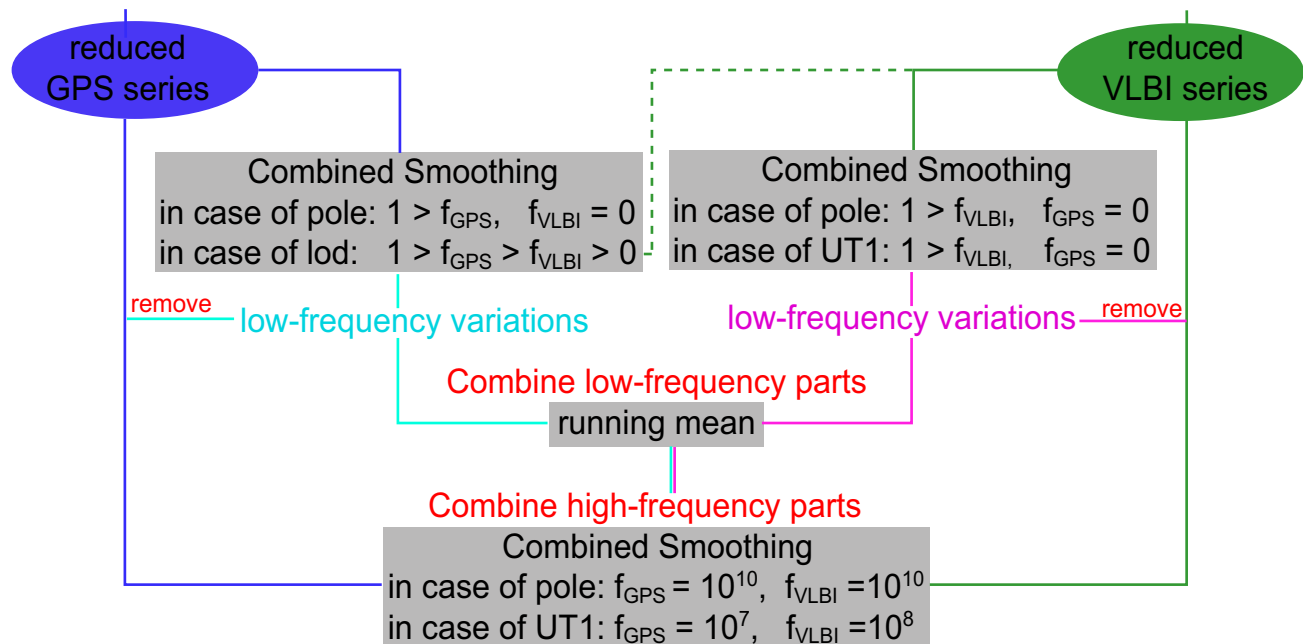


Kombination subtäglicher EOPs

3 - Schritt - Kombination:

Reduzierung der Beobachtungsdaten durch a priori EOPs (IERS Bulletin A) und Gezeitenmodell (Ray 1996)

- ➔ Bestimmung tieffrequenter Anteile und Separation. Angleichung der Fehlerniveaus.
- ➔ Kombination der hochfrequenten Anteile mit sehr schwacher Glättung.

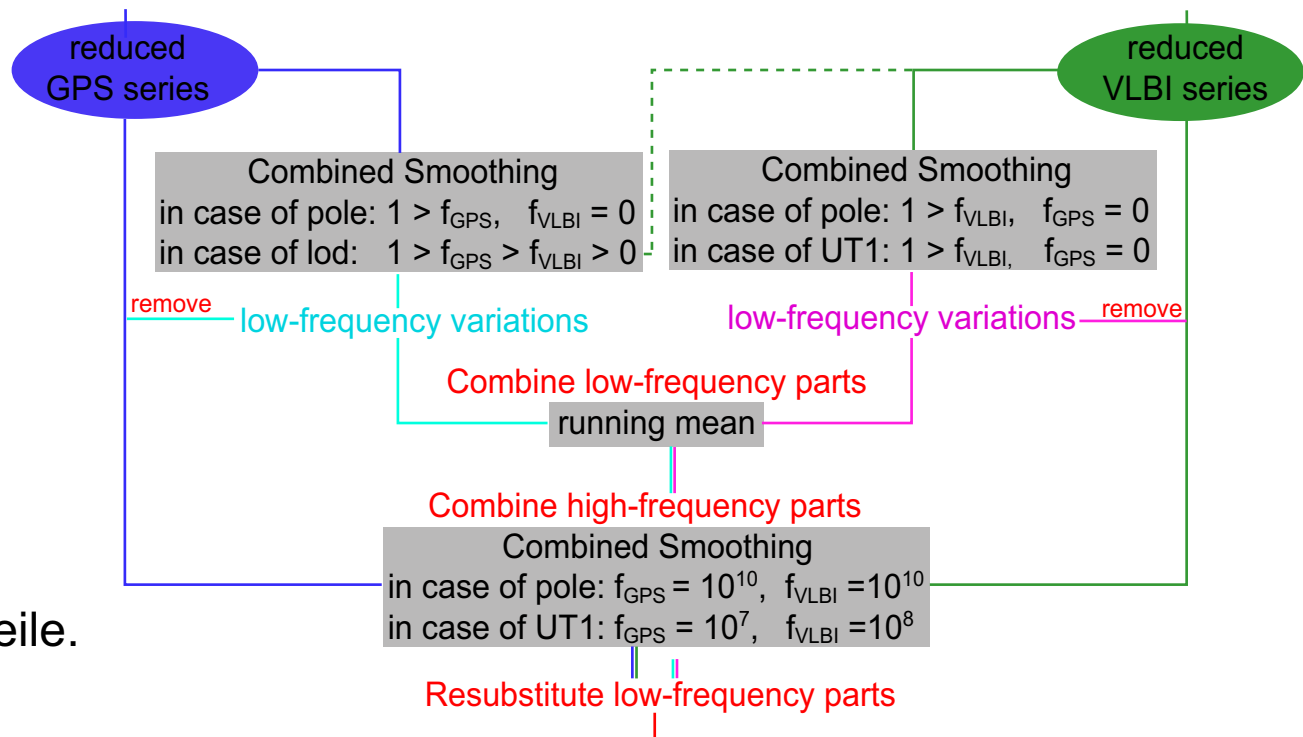


Kombination subtäglicher EOPs

3 - Schritt - Kombination:

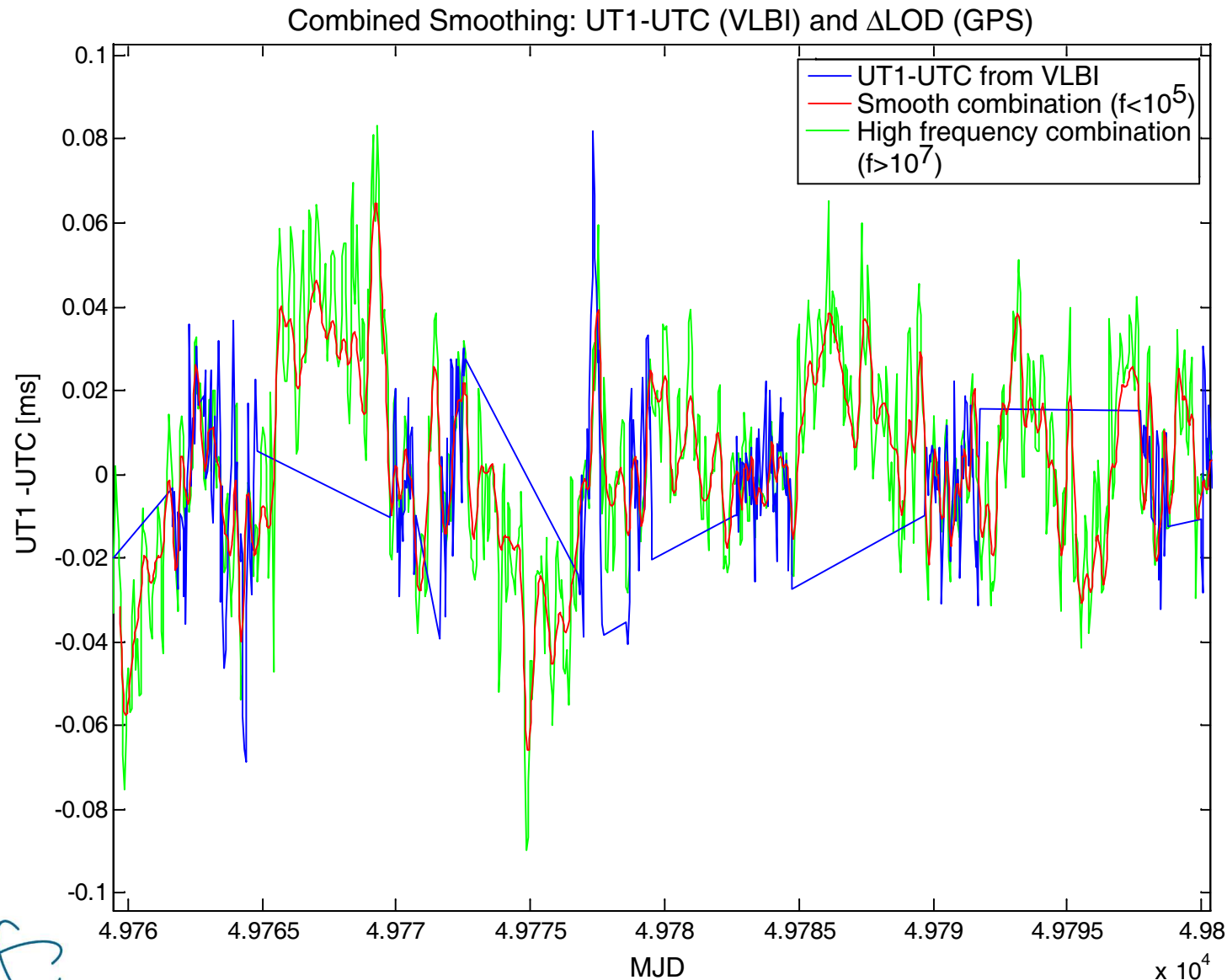
Reduzierung der Beobachtungsdaten durch a priori EOPs (IERS Bulletin A) und Gezeitenmodell (Ray 1996)

- ➔ Bestimmung tieffrequenter Anteile und Separation. Angleichung der Fehlerniveaus.
- ➔ Kombination der hochfrequenten Anteile mit sehr schwacher Glättung.
- ➔ Substitution der tieffrequenten Anteile.



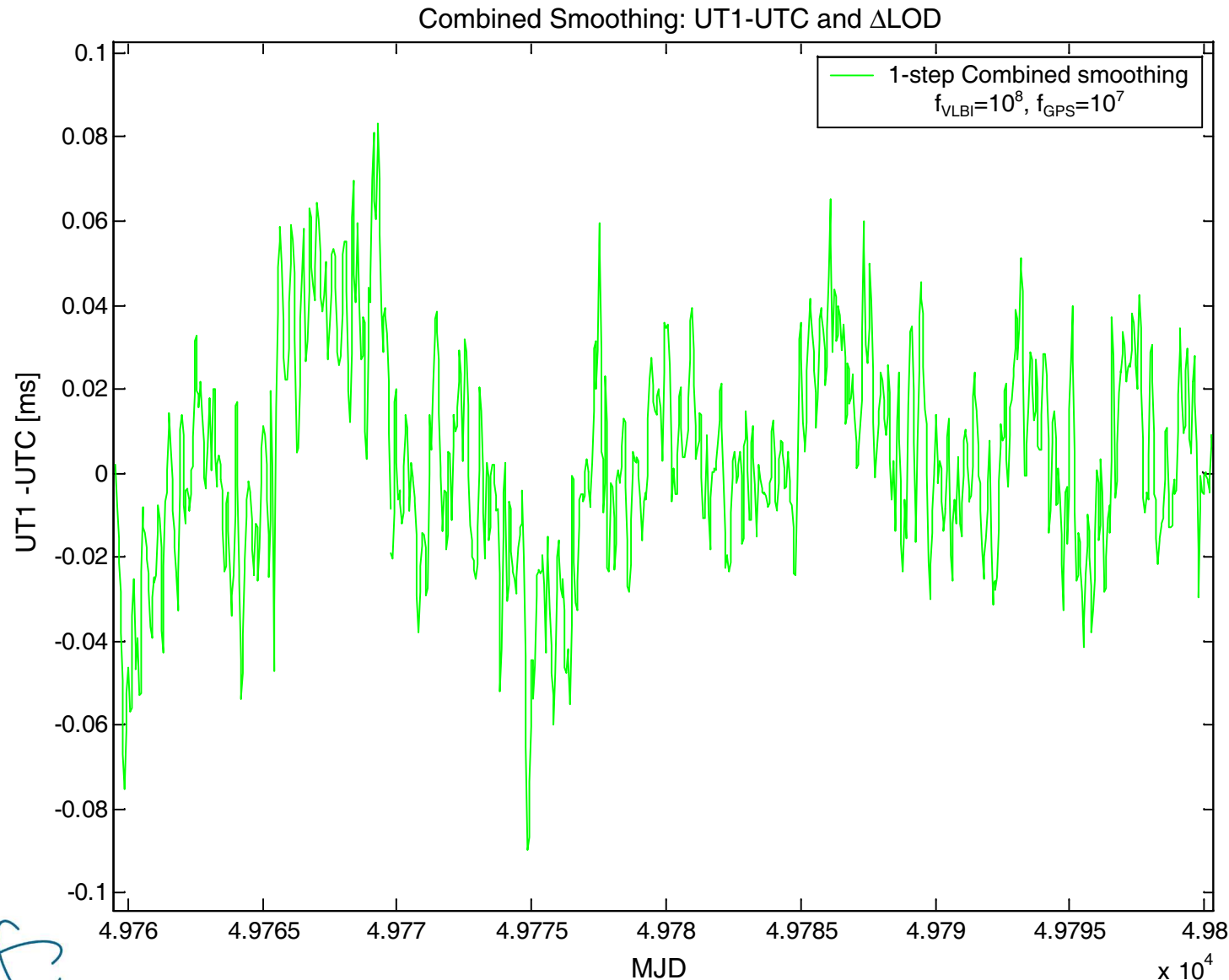
Kombination subtäglicher EOPs

Combined Smoothing: Glättung vs. hochfrequente Anteile



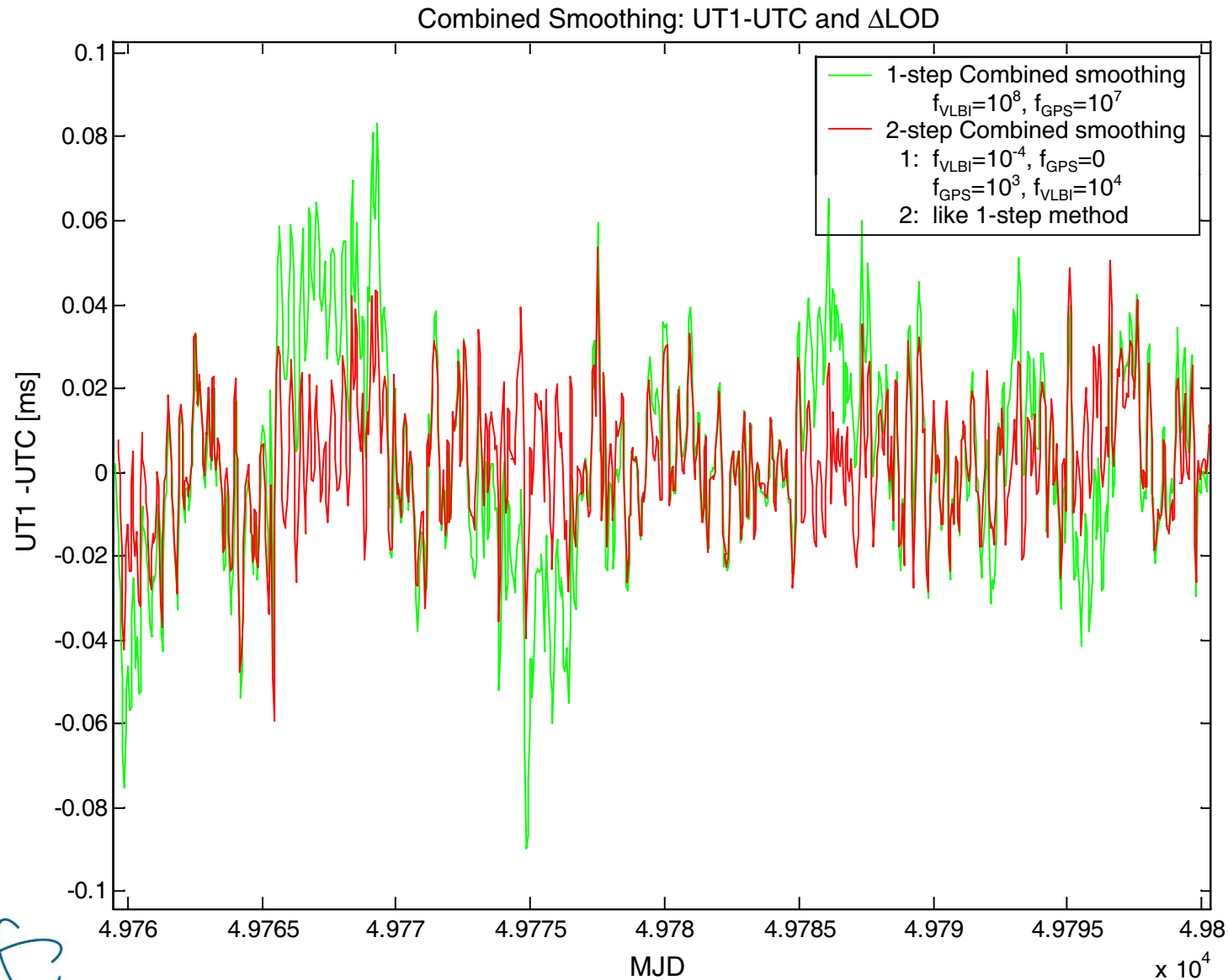
Kombination subtäglicher EOPs

Combined Smoothing: Eliminierung tieffrequenter Anteile



Kombination subtäglicher EOPs

Combined Smoothing: Eliminierung tieffrequenter Anteile



Kombination subtäglicher EOPs

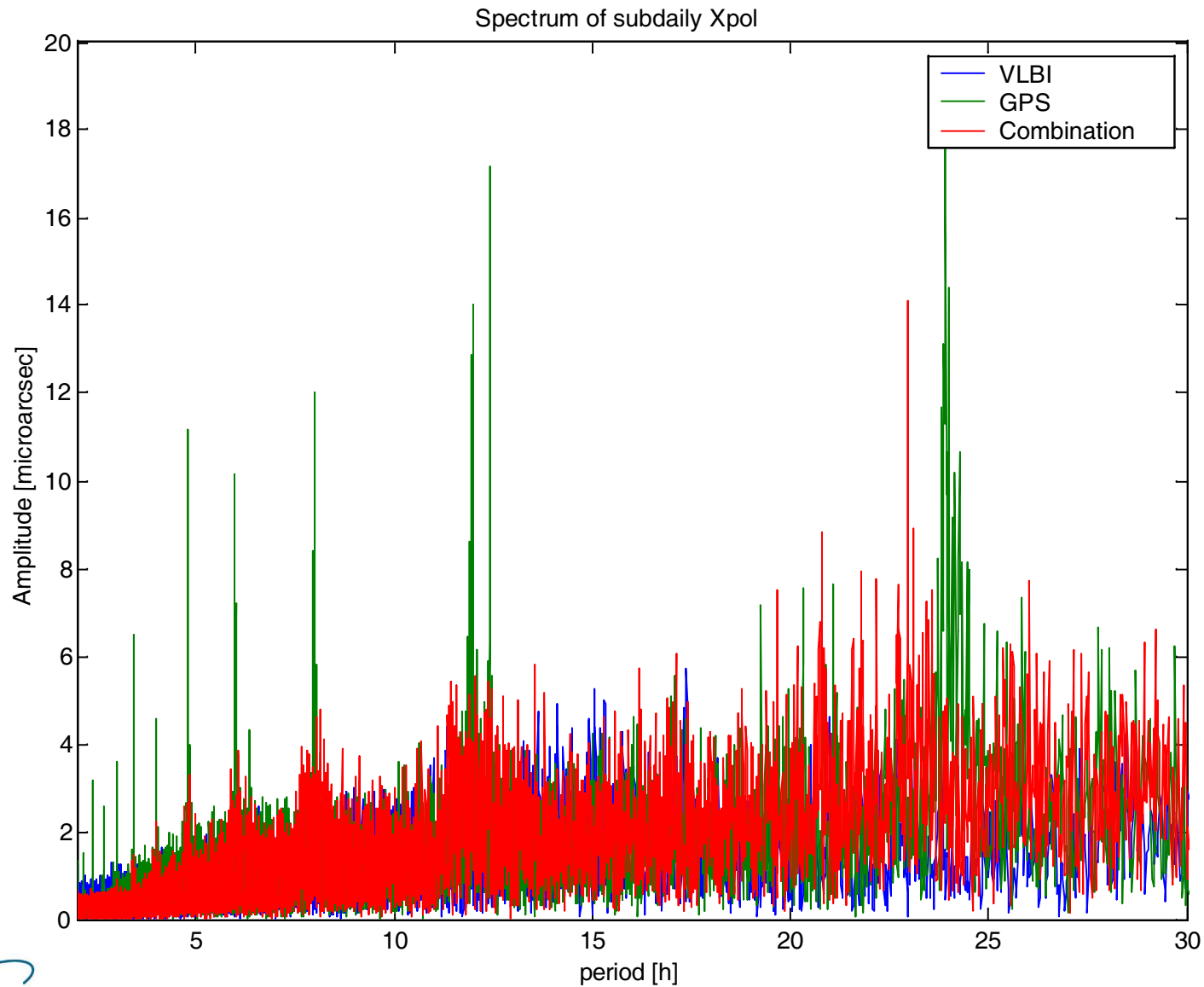
Vergleich der VLBI / GPS Serien mit der kombinierten Serie

		VLBI	GPS	Combination
Xpol	RMS	0.430 mas	0.303 mas	0.267 mas
	mean (σ)	0.084 mas		0.053 mas
	RMS (σ)	0.042 mas	0.029 mas	0.021 mas
Ypol	RMS	0.512 mas	0.318 mas	0.273 mas
	mean (σ)	0.083 mas		0.052 mas
	RMS (σ)	0.053 mas	0.032 mas	0.021 mas
UT1 - UTC	RMS	0.028 ms		0.016 ms
	mean (σ)	0.040 ms		
	RMS (σ)	0.027 ms		
Δlod	RMS		0.237 ms	0.198 ms
	mean (σ)		0.040 ms	
	RMS (σ)		0.014 ms	



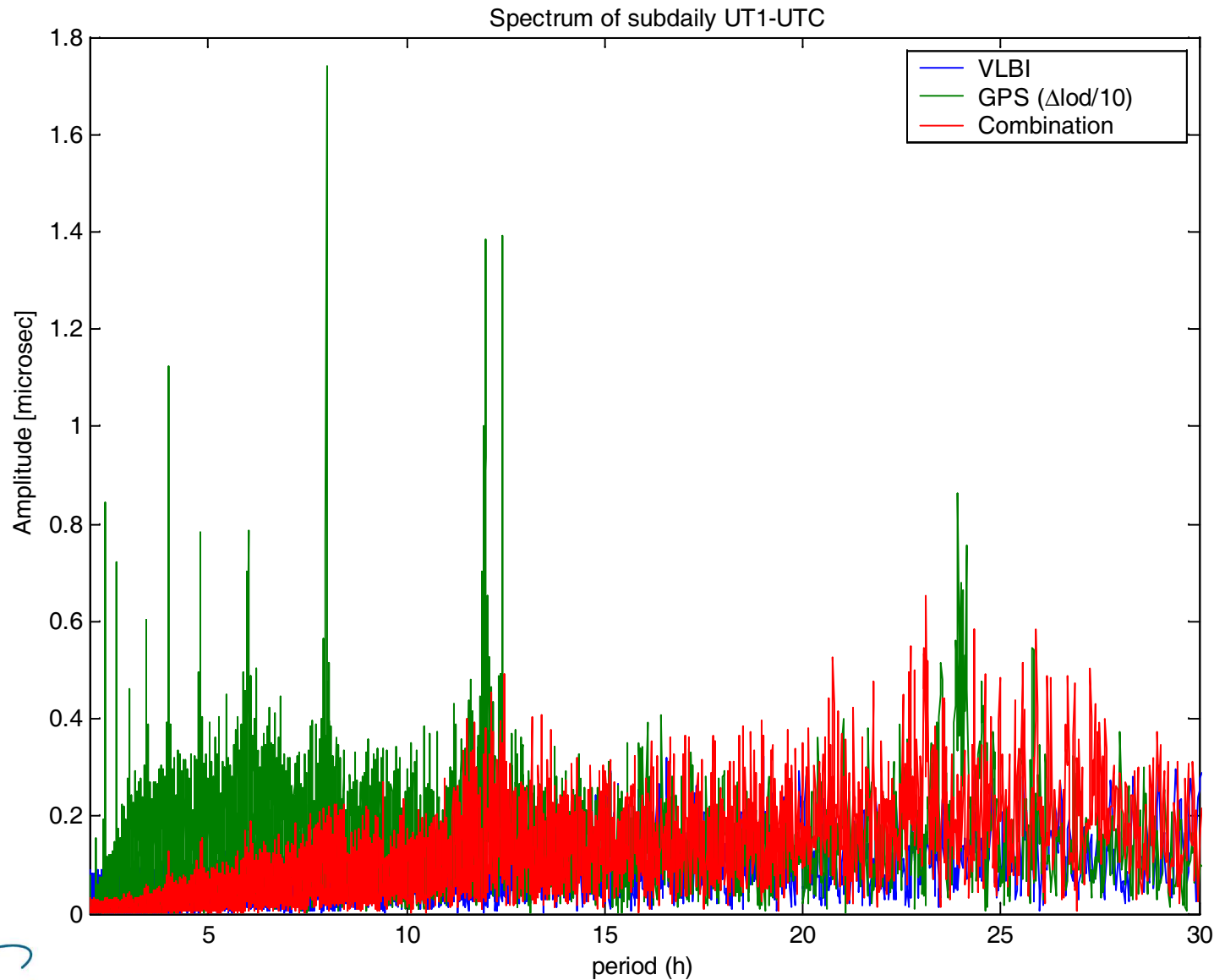
Kombination subtäglicher EOPs

Vergleich der VLBI / GPS Serien mit der kombinierten Serie



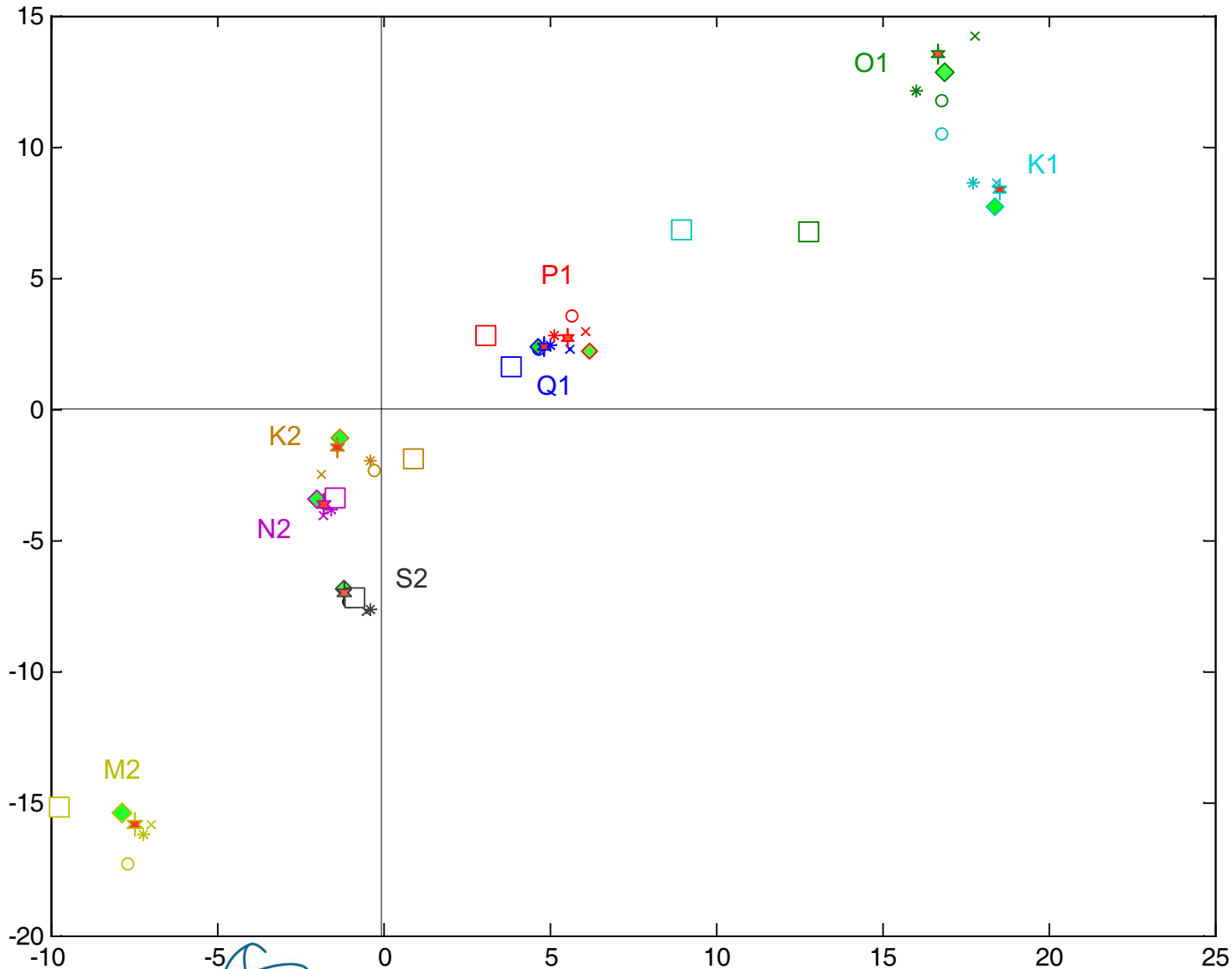
Kombination subtäglicher EOPs

Vergleich der VLBI / GPS Serien mit der kombinierten Serie



Kombination subtäglicher EOPs

Schätzung subtägliche Gezeitenanregung aus UT1-UTC



- GOT99.2 Ray (1999)
- * TPX0.2 Egbert (1994) IERS Conv. 1996
- × Rothacher GPS, complete
- ◆ Dill GPS, 68 constituents
- Dill VLBI, 68 constituents
- ★ Dill GPS/VLBI Kombination

mittl. Fehler der Amplituden: 1,79 Dill, GPS
1,31 Dill, Komb

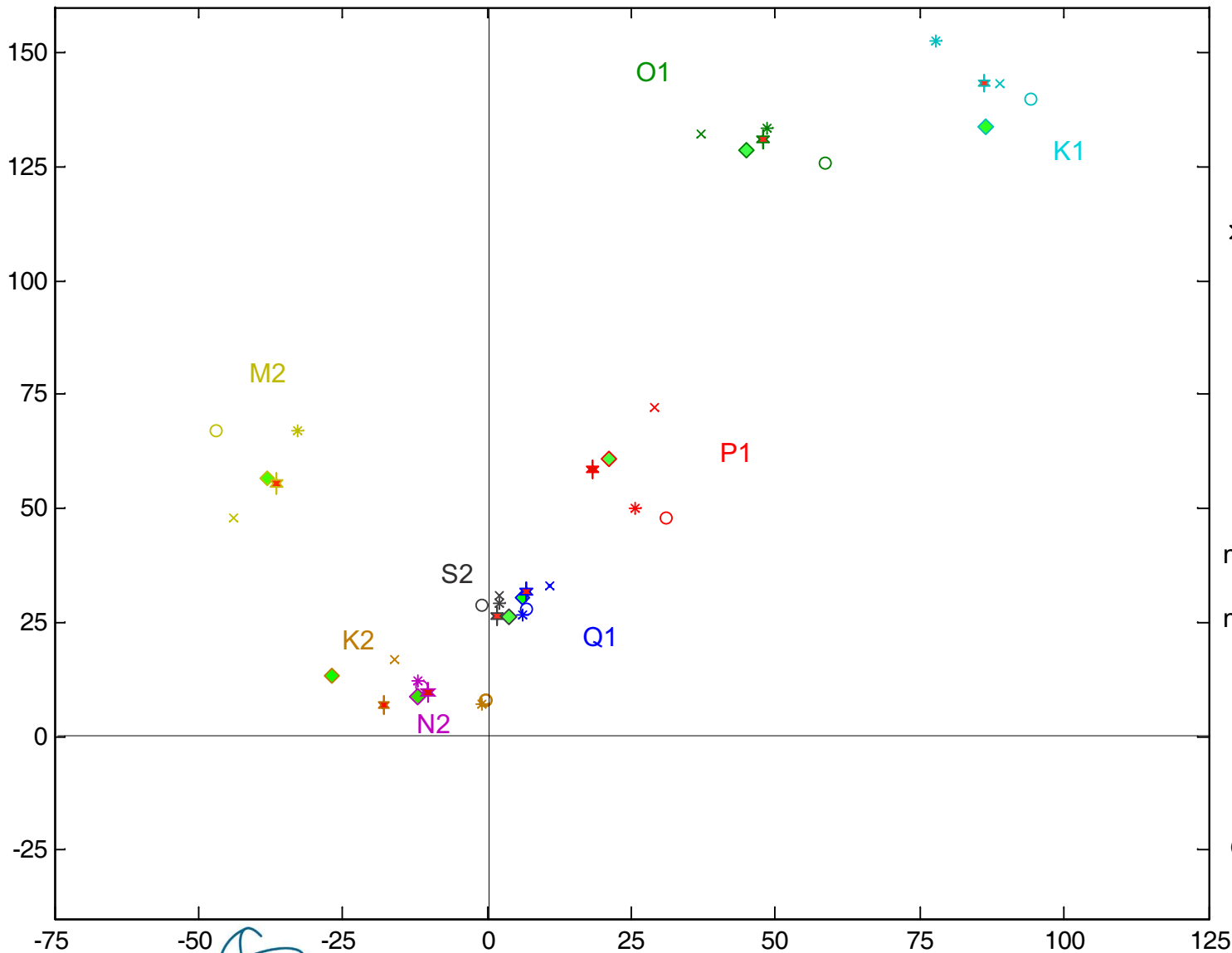
mittl. Fehler der Phase: 17,30 Dill, GPS
12,28 Dill Komb

Gezeitenmodell / Original:
66,9% Dill, GPS
77,6% Dill, Komb



Kombination subtäglicher EOPs

Schätzung subtägliche Gezeitenanregung aus Xpol / Ypol (prograd)



- GOT99.2 Ray (1999)
- * TPX0.2 Egbert (1994) IERS Conv. 1996
- × Rothacher GPS, complete
- ◇ Dill GPS, 68 constituents
- ★ Dill GPS/VLBI Kombination

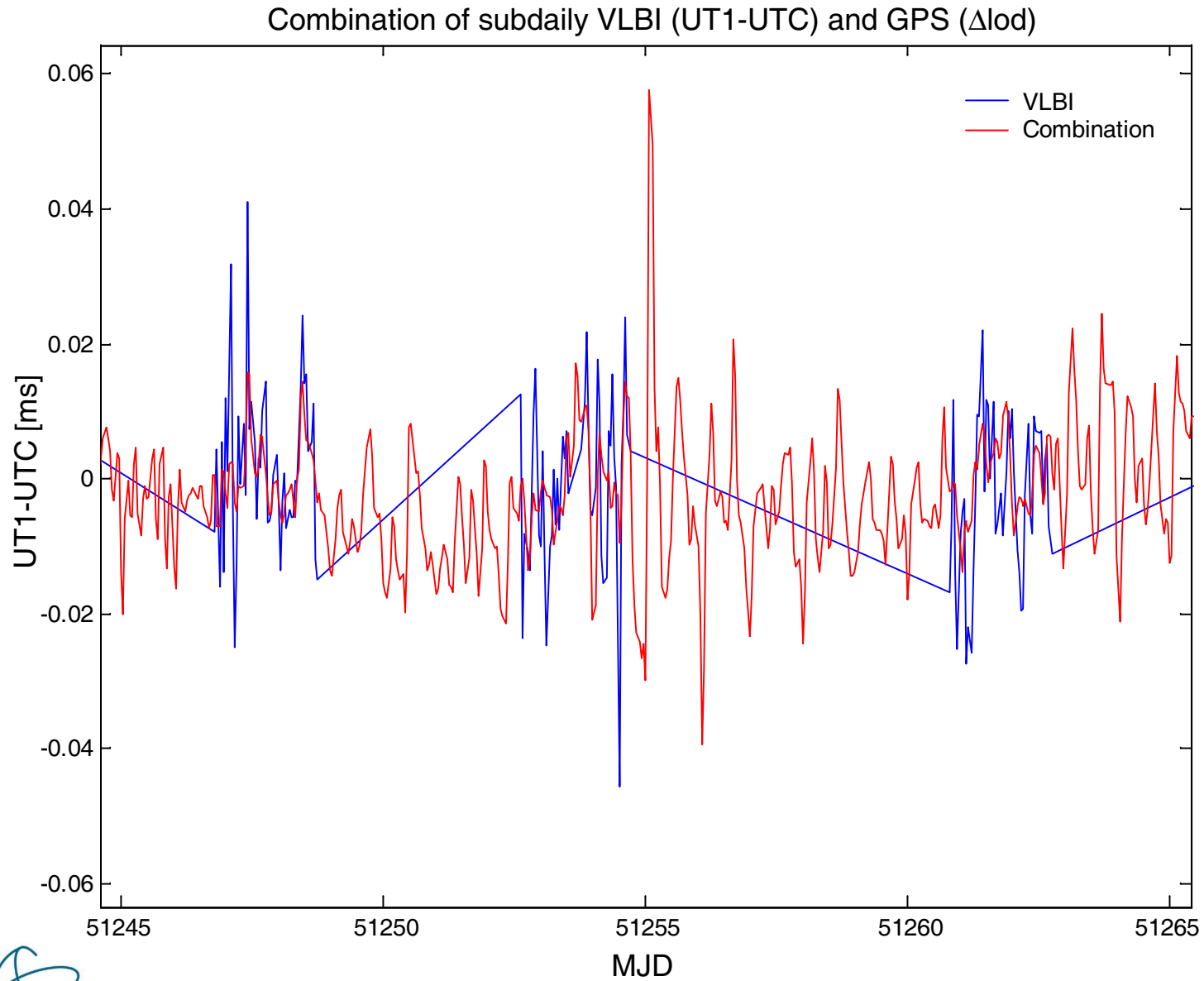
mittl. Fehler der Amplituden: 24,0% Dill, GPS
 21,5% Dill, Komb
 mittl. Fehler der Phase: tägl. 22,06 Dill, GPS
 59,34 Dill Komb
 halbtägl. 6,37 Dill, GPS
 5,99 Dill, Komb

[Fehler der Phase von K1: (32,37) 160,74]

Gezeitenmodell / Original:
 58,4% Dill, GPS
 68,0% Dill, Komb



Kombination subtäglicher EOPs



Kombination subtäglicher EOPs

Ausblick:

- Optimierung der Kombinationsparameter
- Untersuchung der verbleibenden / neu aufgetauchten Frequenzen
- Bedeutung der "spikes" in UT1-UTC



Kombination subtäglicher EOPs

Ausblick:

- Optimierung der Kombinationsparameter
- Untersuchung der verbleibenden / neu aufgetauchten Frequenzen
- Bedeutung der "spikes" in UT1-UTC

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



Kombination subtäglicher EOPs

Ausblick:

- Optimierung der Kombinationsparameter
- Untersuchung der verbleibenden / neu aufgetauchten Frequenzen
- Bedeutung der "spikes" in UT1-UTC

