
Rigorese Kombination von hochaufgelösten Erdrotations- und Troposphärenparametern aus GPS und VLBI

Manuela Krügel (1), Daniela Thaller (2), Detlef Angermann (1),
Markus Rothacher (2), Ralf Schmid (2), Volker Tesmer (1)

(1) Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut
(2) Forschungseinrichtung Satellitengeodäsie

FGS Workshop, 27-29.10.2004, Wettzell



Gliederung

- 1. Einleitung und
Vorstellung des Kombinationsprojektes „CONT02“**
- 2. Ergebnisse**
 - 2.1. Stationskoordinaten**
 - 2.2. Erdrotationsparameter**
 - 2.3. Troposphärenparameter**
- 3. Zusammenfassung und Ausblick**



Kombinationsprojekt CONT02



CONT02 (VLBI):

- IVS-Kampagne mit kontinuierlichen VLBI-Beobachtungen
- 16.-30. Oktober 2002
- 8 VLBI Stationen
- Auswertung am DGFI: Occam Software

GPS:

- gleicher Zeitraum
- 150 Stationen, davon 8 Ko-lokationen mit VLBI
- Auswertung an der TUM: Bernese GPS Software



- Einheitliche **Modelle und Parametrisierung** in beiden Softwarepaketen
- **Parametrisierung:**
 - Stationskoordinaten: täglich
 - Erdrotationsparameter (UT1-UTC, X-/Y-Pol): 2 Stunden
 - Nutation: täglich
 - Troposphärische Verzögerung in Zenit: 2 Stunden
 - Troposphärengradienten (N-S, O-W): 1x täglich pro Station
- Erzeugung **täglicher Normalgleichungen** für GPS und VLBI
- Verwendung **absoluter Phasenzentrumsvariationen** (PCV) bei GPS (Auswirkung auf Koordinaten, Maßstab, Troposphäre)
- **Ziel für Kombination:** Stärken beider Techniken nutzen, um die Ergebnisse zu verbessern

Terrestrisches Referenzsystem (TRF):

- 8 Kolokationen VLBI-GPS
- Local Ties (LT) = Differenzvektoren zwischen den Referenzpunkten für GPS, VLBI, SLR etc.
- Verwendung der LT aus ITRF2000-Lösung, außer Ny-Alesund (GIUB)
- No-Net-Rotation-Bedingungen für ausgewählte GPS-Stationen

Erdorientierungsparameter (EOP):

- X-/Y-pole, UT1-UTC: stacked
- Nutation: stacked

Troposphärische Verzögerung im Zenit (ZPD):

- Berücksichtigung des Höhenunterschieds zwischen GPS- und VLBI-Referenzpunkt:
Atmosphärenmodell (Saastamoinen) mit Standardatmosphäre

Troposphärengradienten:

- Stacked

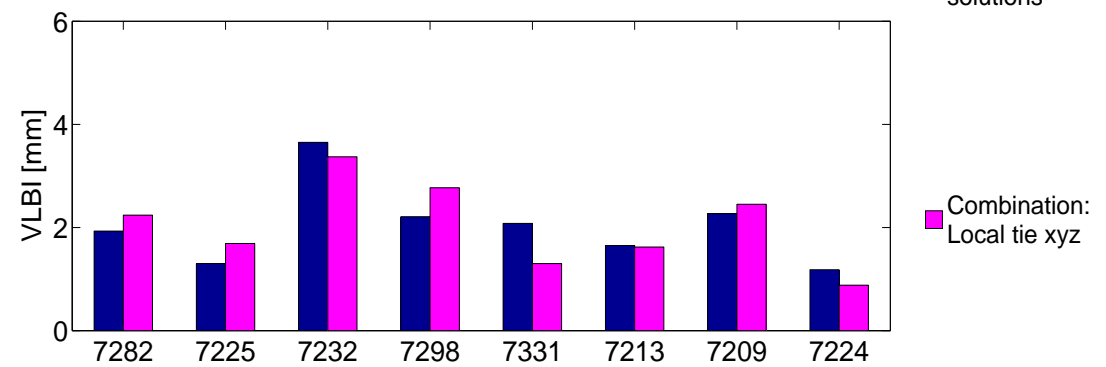
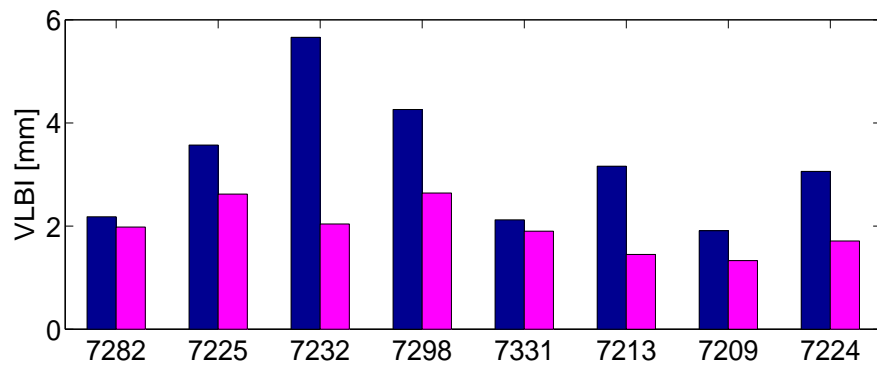
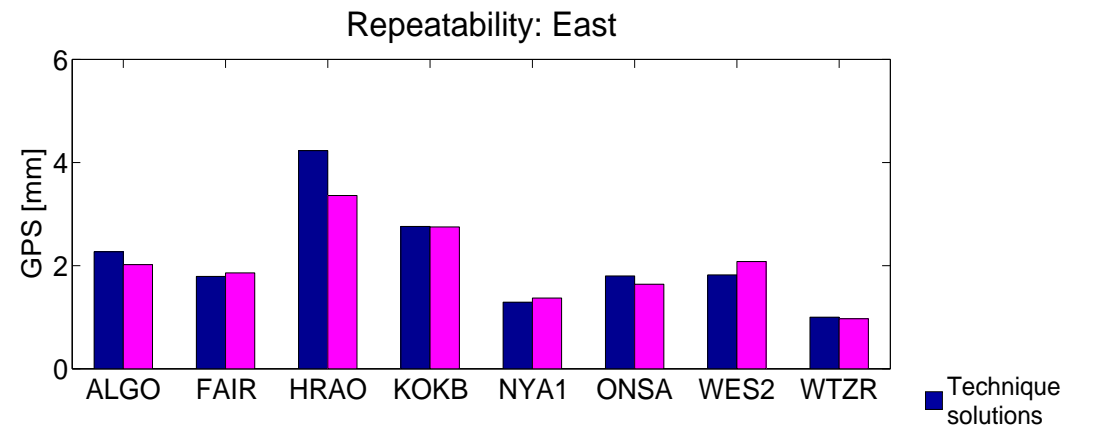
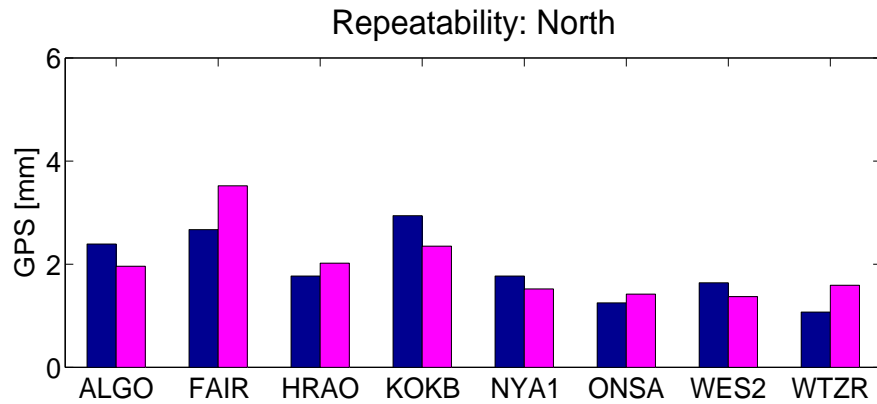
Stationskoordinaten

Differenzen zwischen Beobachtungen der Raumverfahren und Local Ties

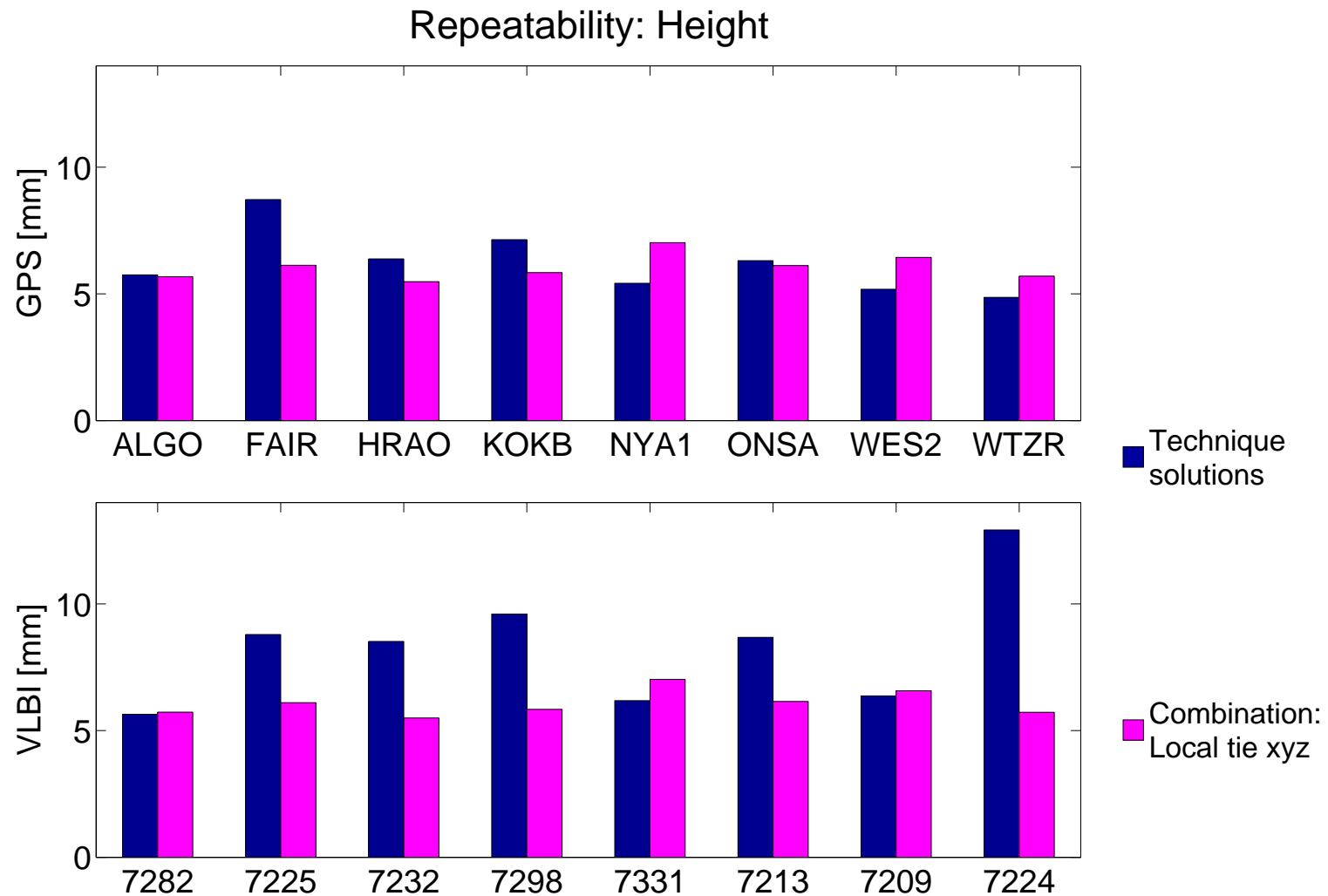
<i>Station</i>	<i>Differenzen: Raumverfahren – Local Ties [mm]</i>			<i>Differenzen im ITRF2000 [mm]</i>		
	<i>Nord</i>	<i>Ost</i>	<i>Höhe</i>	<i>Nord</i>	<i>Ost</i>	<i>Höhe</i>
<i>Ny Alesund</i>	-4.6	3.3	-31.5	0.8	-0.8	-11.8
<i>Onsala</i>	3.6	0.8	-10.6	3.6	-1.8	-0.4
<i>Wettzell</i>	0.6	0.8	-5.7	-0.2	-0.4	1.2
<i>Hartebeesthoek</i>	3.2	18.3	36.5	-9.2	14.4	11.8
<i>Algonquin Park</i>	-2.5	-3.3	20.2	-3.0	-3.0	15.4
<i>Fairbanks</i>	-17.7	-0.4	43.5	-16.8	5.4	20.0
<i>Kokee Park</i>	8.3	0.3	-12.4	-4.0	-3.4	14.6
<i>Westford</i>	1.5	9.6	23.9	-2.6	4.6	18.4



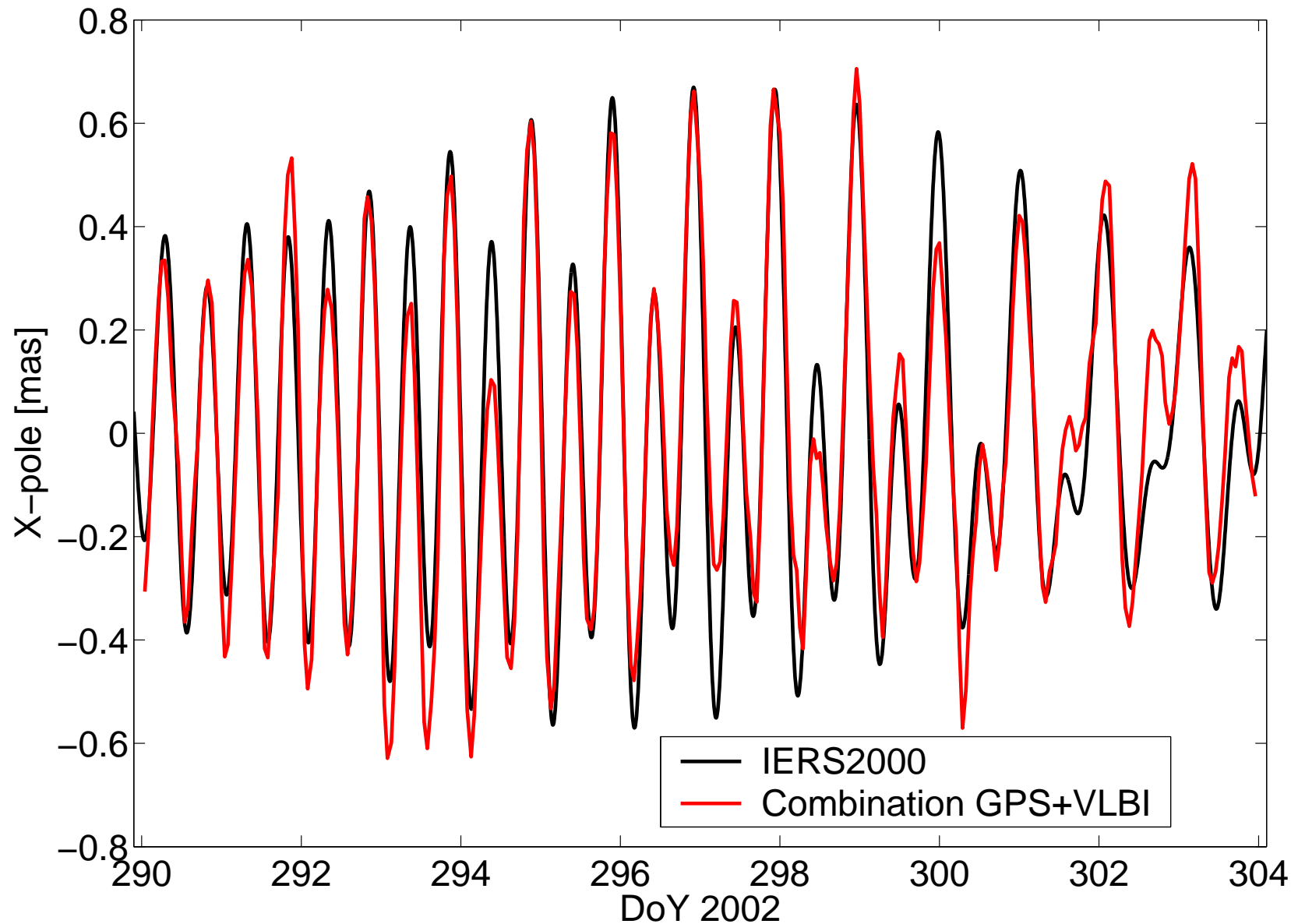
Stationskoordinaten: Wiederholbarkeiten



Stationskoordinaten: Wiederholbarkeiten

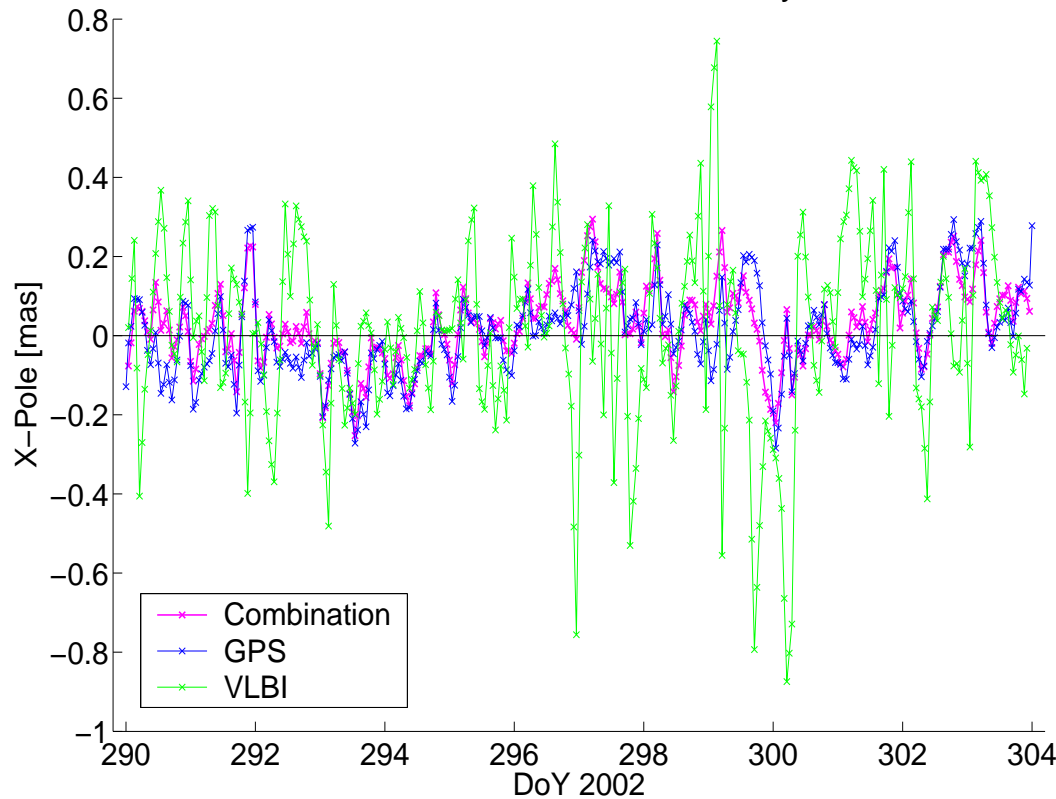


Sub-tägliche Erdrotationsparameter

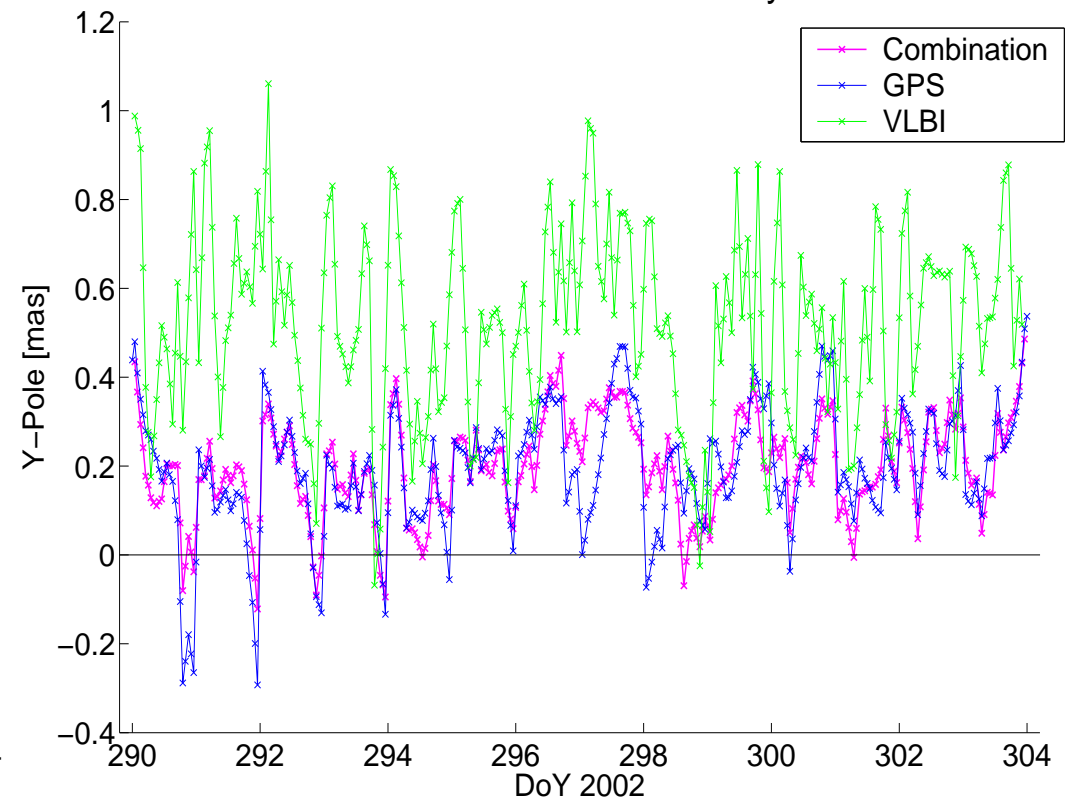


Sub-tägliche Erdrotationsparameter

X-Pole: Differences to sub-daily model



Y-Pole: Differences to sub-daily model



RMS X-Pol:

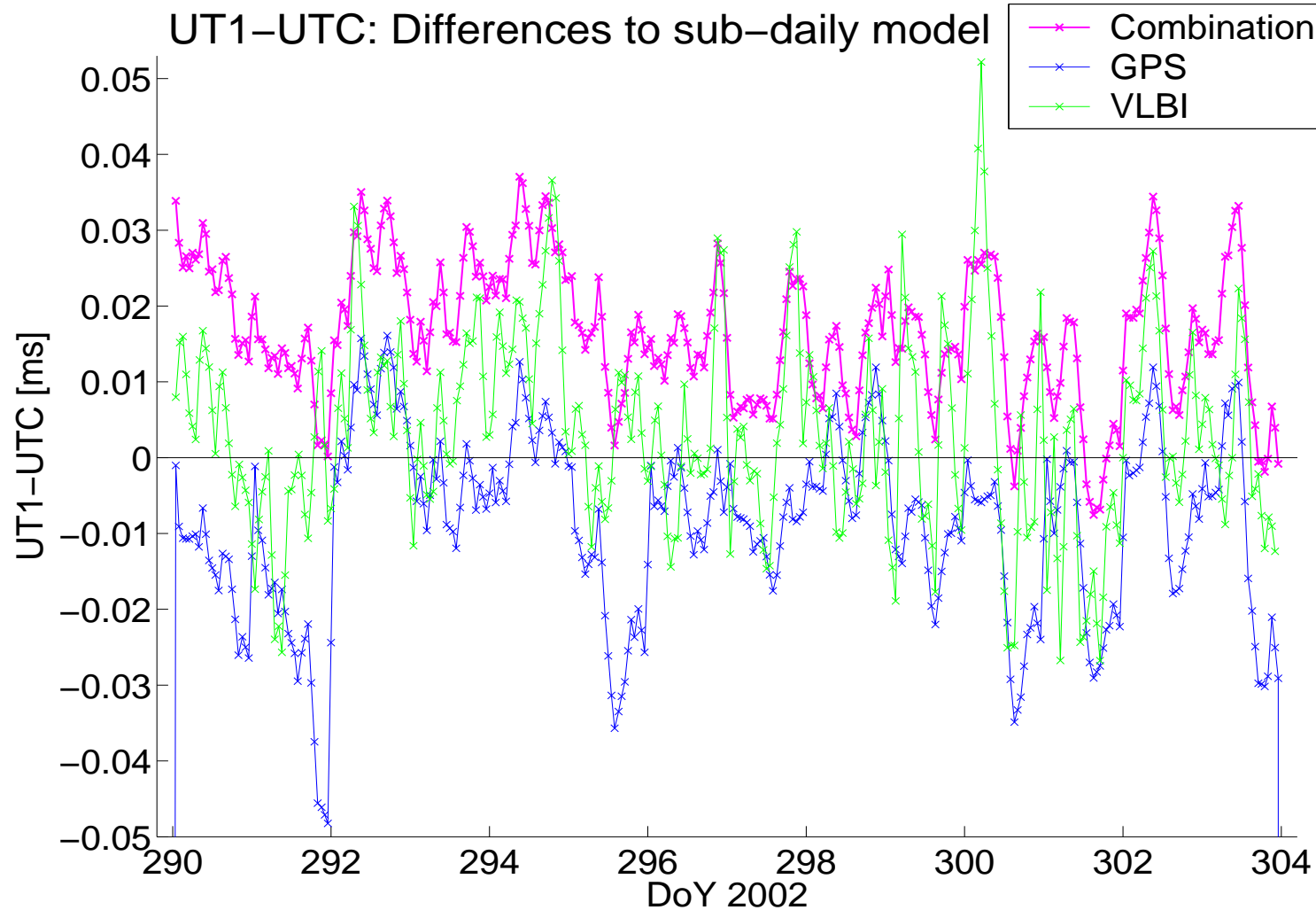
- **Kombination: 0.097 mas**
- GPS: 0.112 mas
- VLBI: 0.236 mas

RMS Y-Pol:

- **Kombination: 0.111 mas**
- GPS: 0.137 mas
- VLBI: 0.206 mas



Sub-tägliche Erdrotationsparameter



<i>RMS UT1-UTC:</i>	Kombination:	0.009 ms
	GPS:	0.012 ms
	VLBI:	0.013 ms



Gliederung

- 1. Einleitung und
Vorstellung des Kombinationsprojektes „CONT02“**
- 2. Ergebnisse**
 - 2.1. Stationskoordinaten**
 - 2.2. Erdrotationsparameter**
 - 2.3. Troposphärenparameter**
- 3. Zusammenfassung und Ausblick**



Troposphärische Verzögerung im Zenit (ZPD):

- Zeitliche Auflösung: 2 Stunden
- 8 Kolokationen VLBI-GPS
- Berücksichtigung des Höhenunterschieds der Referenzpunkte

Troposphärengradienten:

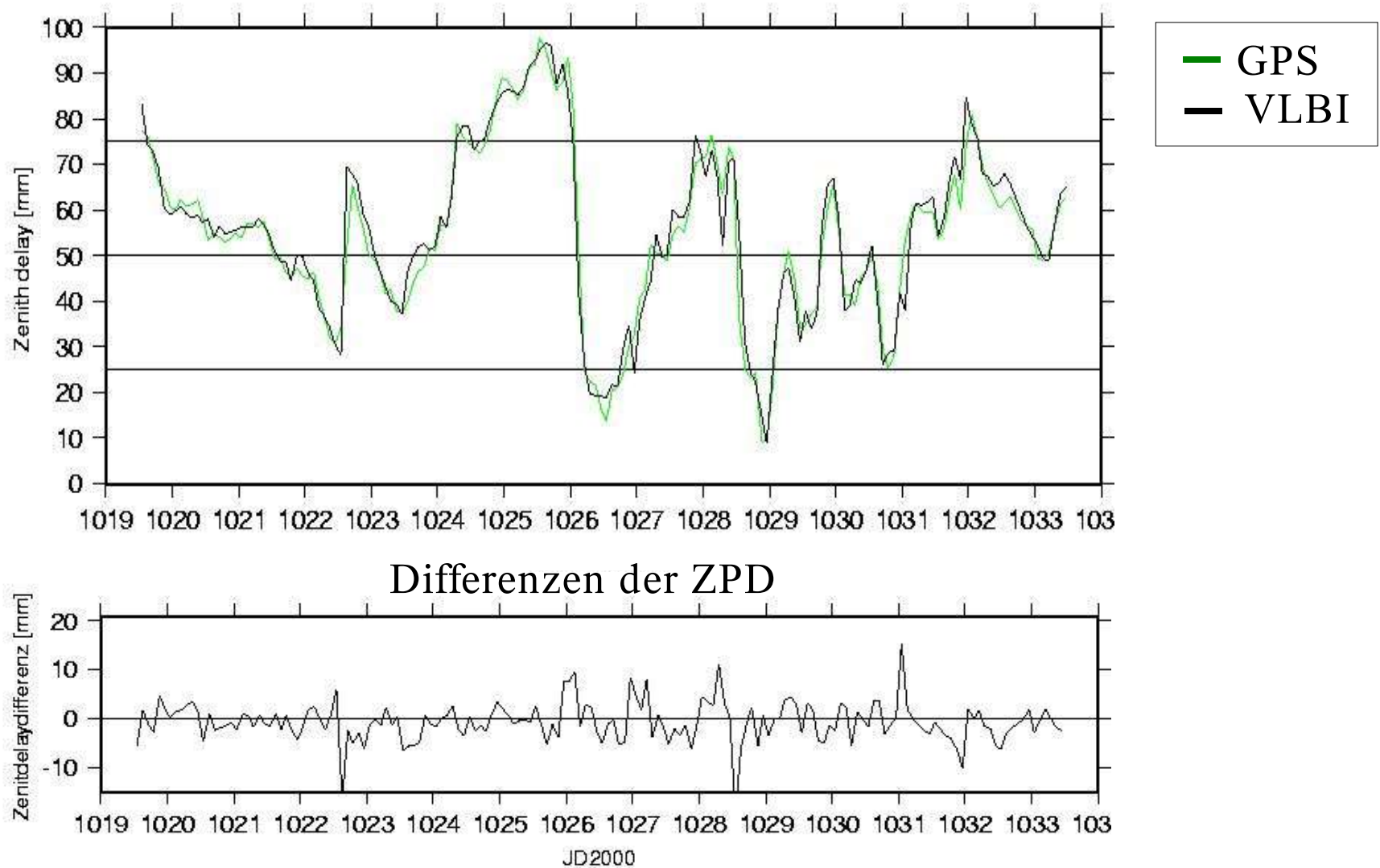
- Zeitliche Auflösung: täglich

Unabhängige Vergleichsmöglichkeit:

- Wasserdampfradiometer (WVR)
- Für CONT02: Onsala, Wettzell, Kokee Park, Westford

— Troposphärische Verzögerung im Zenit (ZPD) —

Vergleich der ZPD aus VLBI und GPS für Onsala (Schweden):



Troposphärische Verzögerung im Zenit (ZPD)

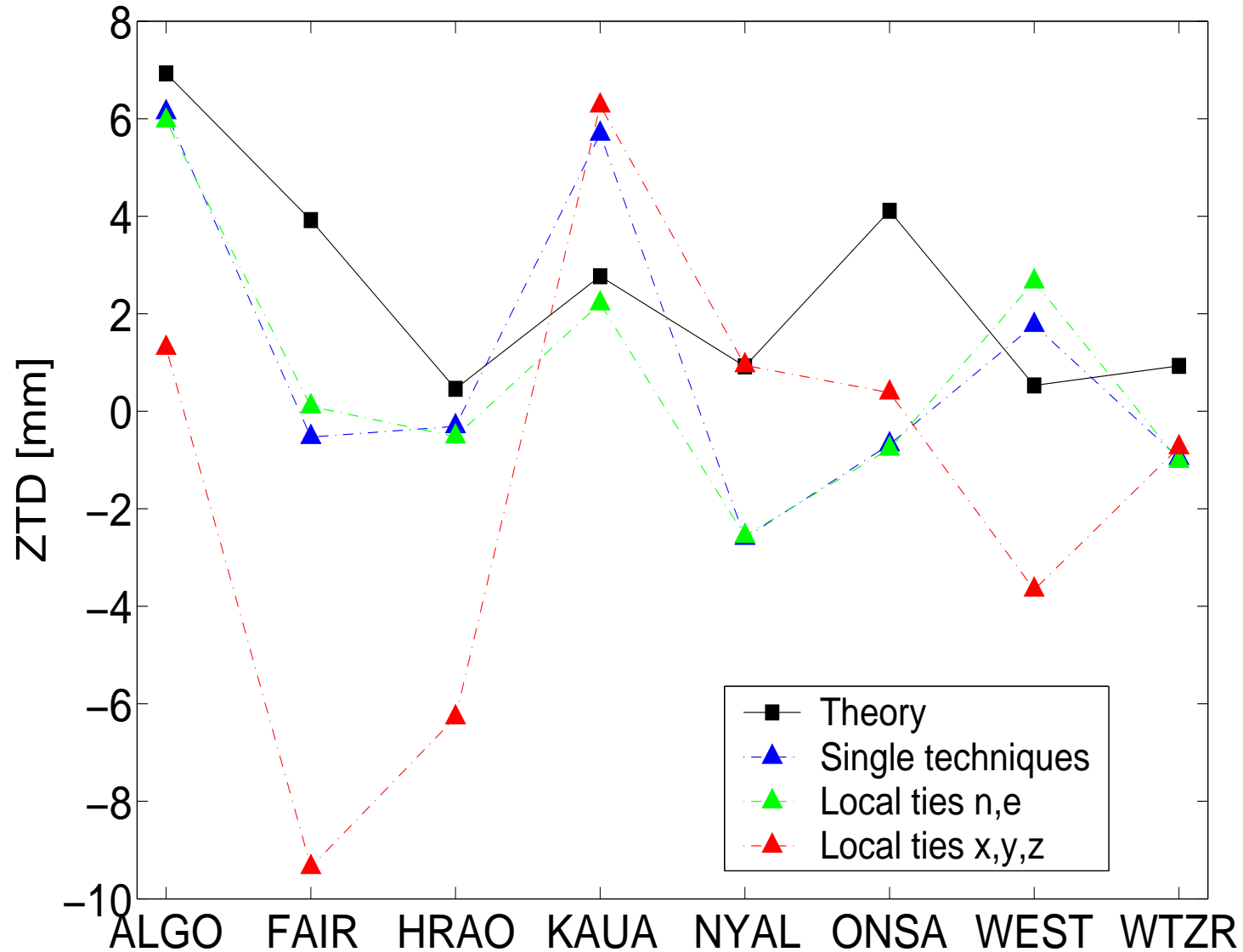
Differenzen zwischen Raumbenachrichtungsverfahren und theoretischen Werten

<i>Station</i>	ΔH [m]	Saastamoinen (Standardatmosph.) [mm]	ΔZPD [mm]	Difference ΔZD -Saasta [mm]	<i>RADOM</i>
<i>Ny Alesund</i>	3.1	1.1	-2.75	-3.85	SNOW
<i>Onsala</i>	13.71	4.3	-0.67	-4.97	OSOD
<i>Wettzell</i>	3.1	0.8	-1.06	-1.86	
<i>Hartebeesthoek</i>	1.54	0.3	-1.42	-1.72	Unkn
<i>Algonquin</i>	23.11	6.2	5.96	-0.42	
<i>Fairbanks</i>	13.08	3.5	-0.73	-4.23	JPLA
<i>Kokee Park</i>	9.24	2.3	5.51	3.21	
<i>Westford</i>	1.75	0.5	1.62	1.12	



Troposphärische Verzögerung im Zenit (ZPD)

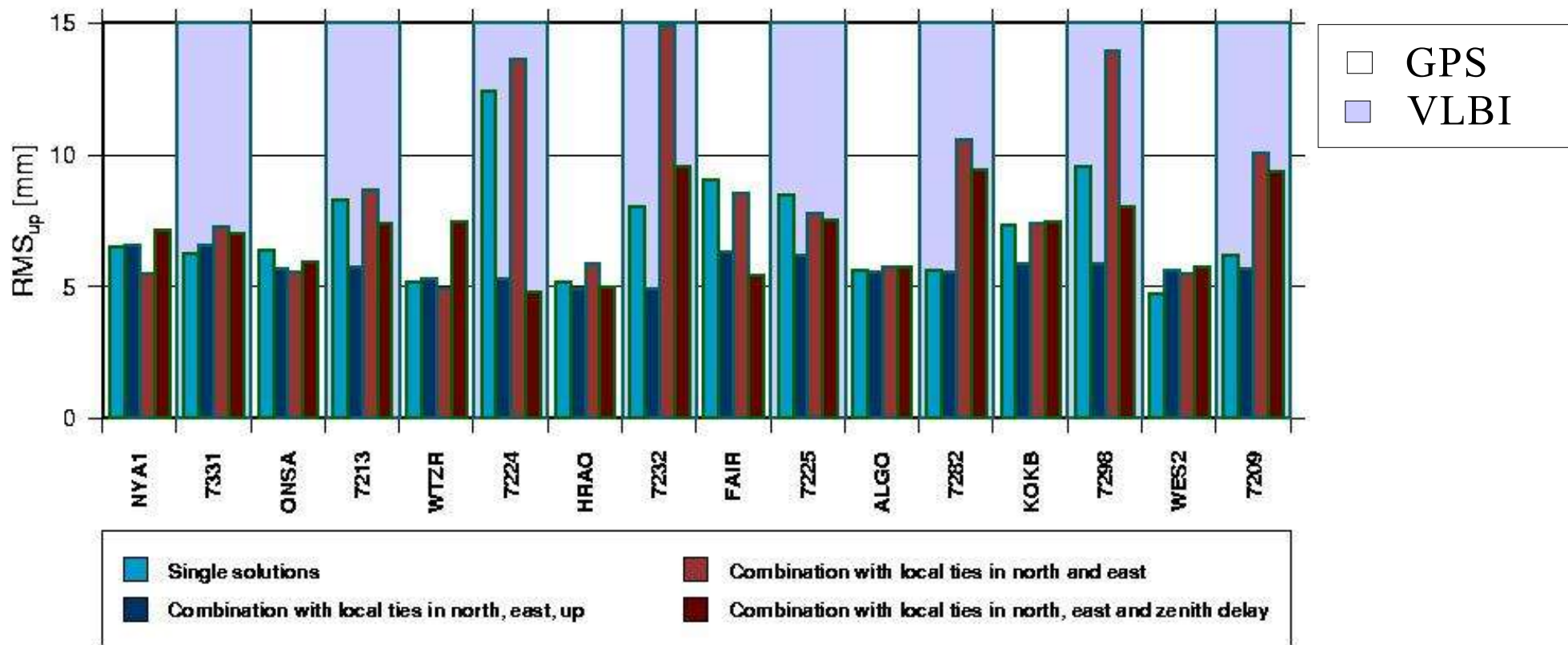
Mittelwerte der ZPD-Differenzen GPS-VLBI über 14 Tage:



Troposphärische Verzögerung im Zenit (ZPD)

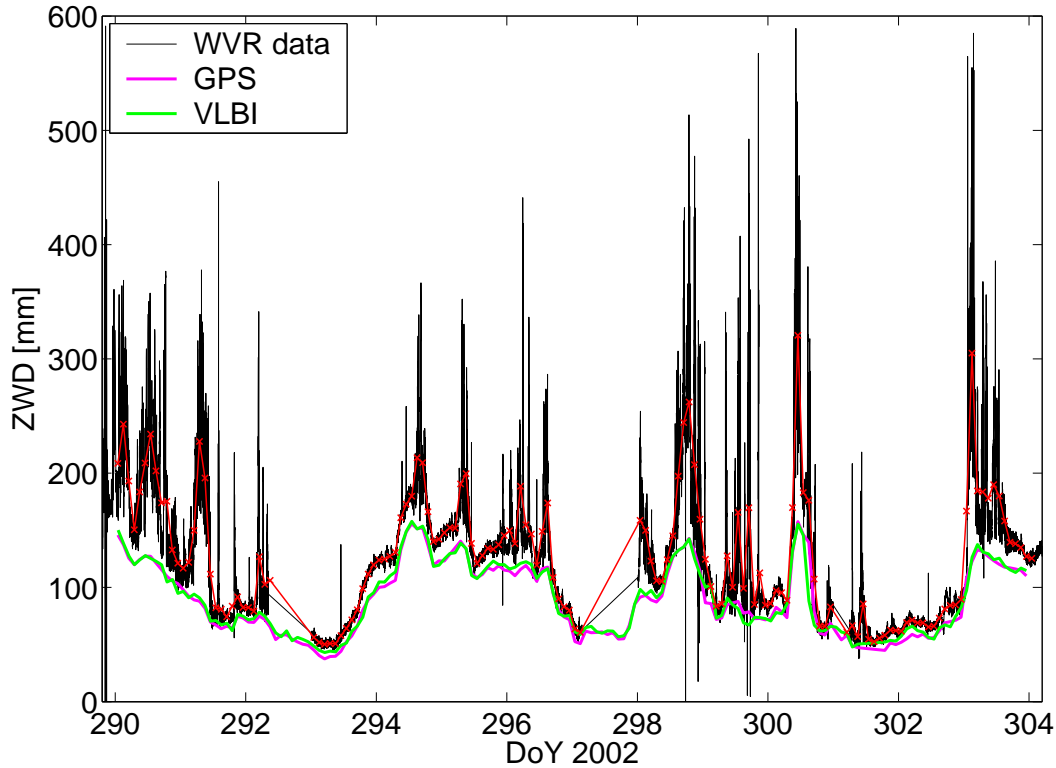
Ersetzen des Höhenties durch Kombination der ZPD

Wiederholbarkeiten der Stationshöhen

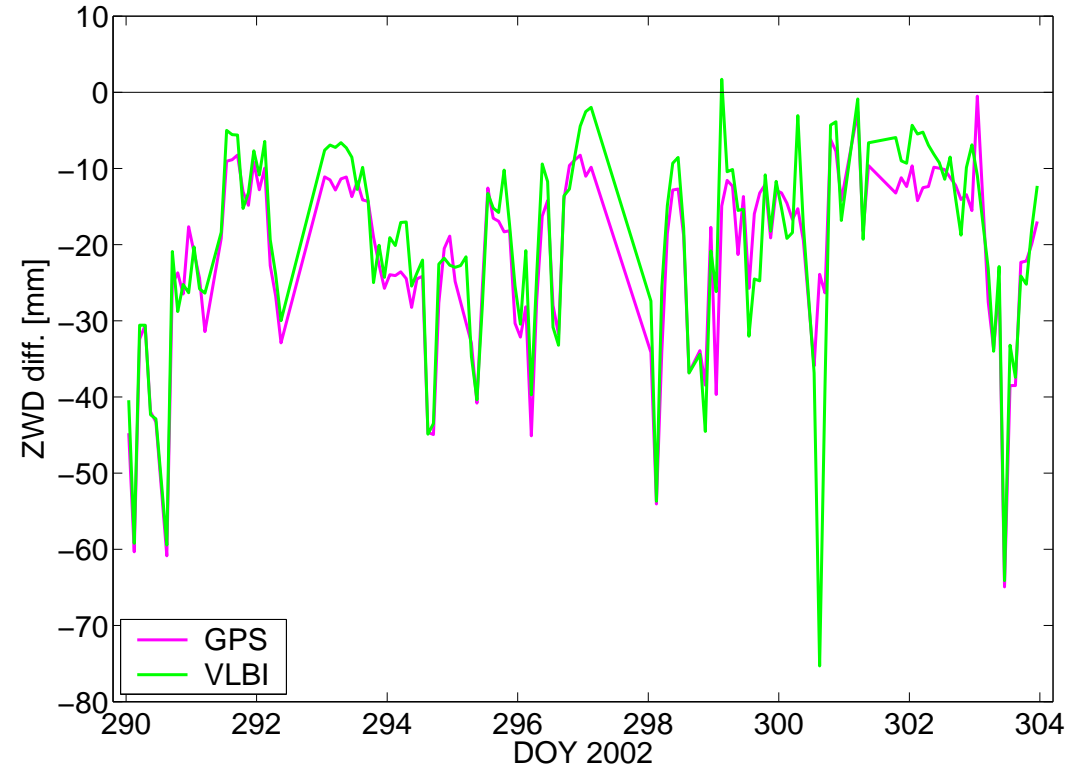


Vergleich mit Wasserdampfradiometer: Wettzell

Wet Troposphere Zenith Delay: Wettzell



Differences to WVR data for Wet Zenith Delay: Wettzell



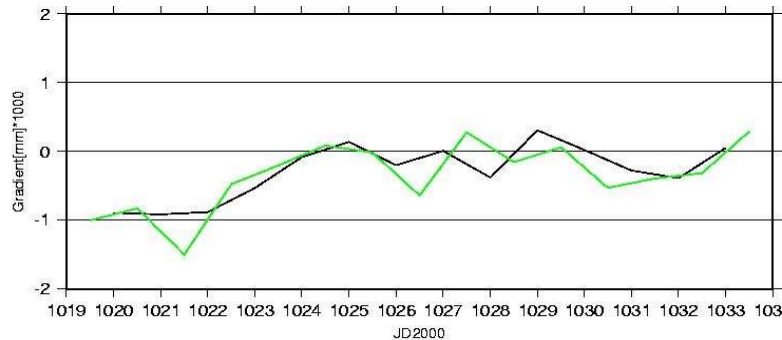
<u>Offset zu WVR:</u>	<i>GPS</i>	-21.5 mm +- 12.0 mm
	<i>VLBI</i>	-20.2 mm +- 13.5 mm



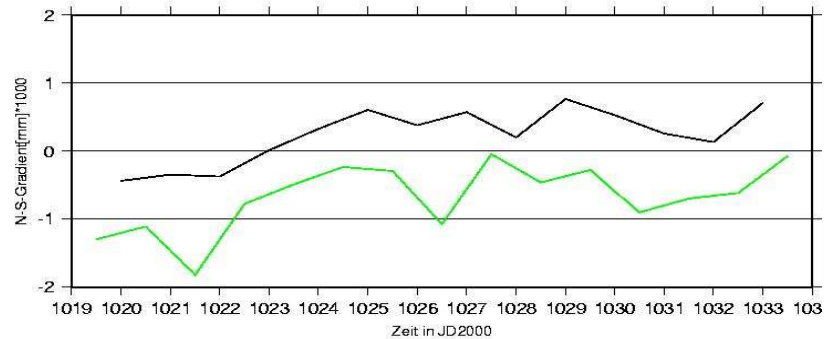
Troposphärengradienten

Zusammenhang von Local Ties und Troposphärengradienten am Beispiel des Nord-Süd-Gradienten der Station Fairbanks:

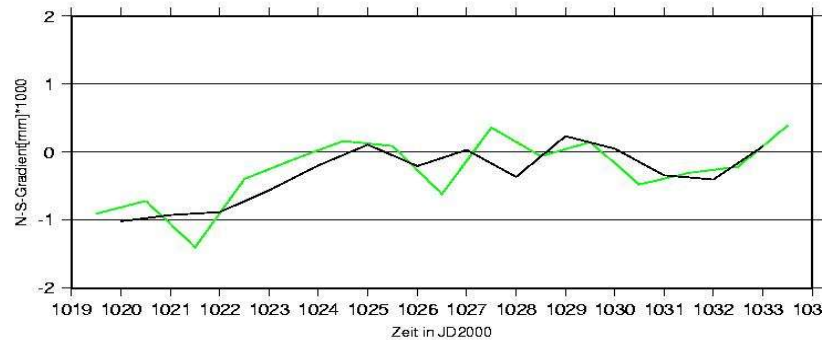
Vergleich der Einzellösungen



Kombination mit Nord-, Ost-, Höhen-Komponente des Ties

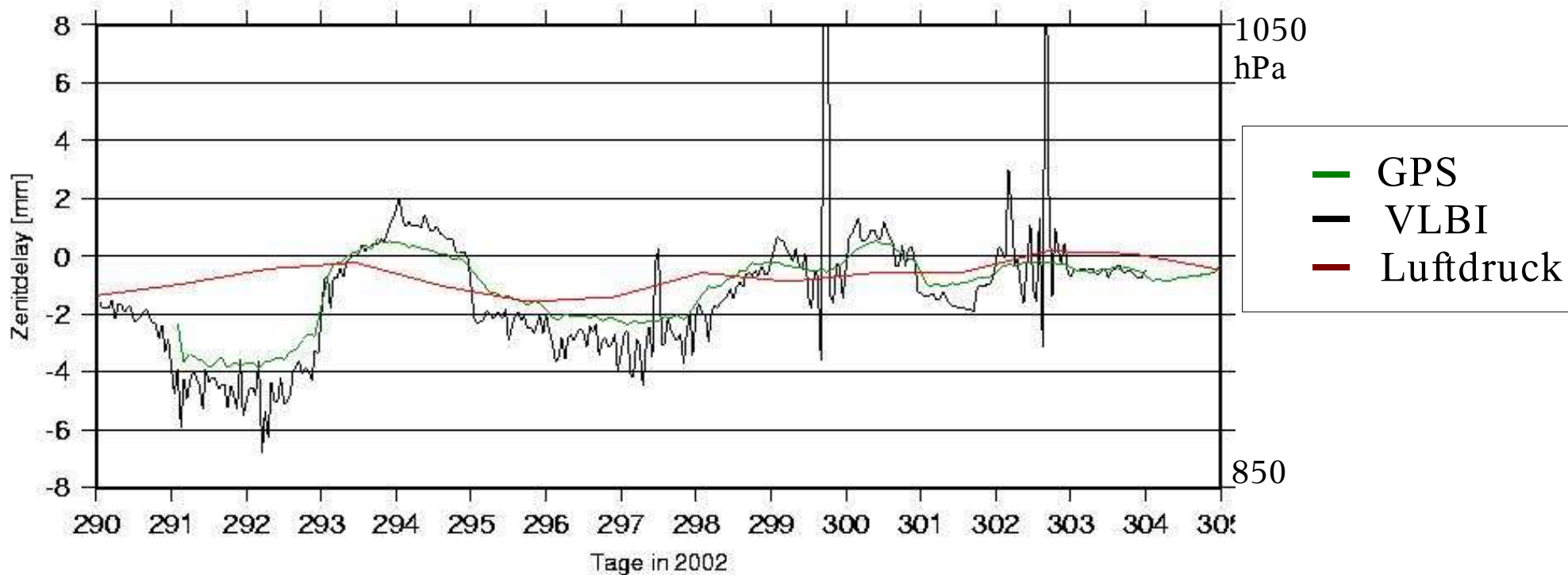


Kombination nur mit Höhenkomponente des Ties



Troposphärische Verzögerung im Zenit (ZPD)

Einfluss der Mapping function auf die ZPD-Schätzung
am Beispiel der Station Wettzell (Vergleich IMF und NMF)



Zusammenfassung und Ausblick

- CONT02 bietet beste Voraussetzungen für Kombinationsstudien
- Zusammenarbeit von DGFI und FESG von großem Vorteil
- beide Techniken profitieren von einer Kombination in Bezug auf alle betrachteten Parameter

- TRF:
 - große Anzahl gemeinsamer Parameter von GPS und VLBI, 8 Kolokationsstationen in CONT02
 - gemeinsame Parameter können als Indikatoren für Probleme in den Local Ties dienen (EOP, Troposphärenparameter)
 - geringe Anzahl an Stationen günstig für das Aufdecken von Problemen auf einzelnen Stationen, andererseits von Nachteil in Bezug auf die Netzgeometrie und den Einfluss einer einzelnen Station auf die Ergebnisse
 - SLR soll zur Bestimmung des Massenzentrums einbezogen werden



Zusammenfassung und Ausblick

- **Troposphärenparameter:**
 - sehr gute Übereinstimmung für GPS und VLBI durch Modellanpassung
 - Kombination der Troposphäre erscheint damit sinnvoll und liefert gute (vielversprechende) Ergebnisse
 - vorhandene Differenzen sollen weiter untersucht werden (mögliche Ursachen: Radom, Mapping function, ...)
- **Allgemein:**
 - Ausdehnen der Untersuchungen auf 1 Jahr
 - stündliche Auflösung der Troposphärenparameter und EOP
 - weitere kleinere Verbesserungen an den Lösungen

