

Konsistente Berechnung von TRF, CRF und Erdorientierungsparametern

M. Seitz¹, T. Artz², P. Steigenberger³, A. Nothnagel²

¹ DGFI, München

² IGG, Universität Bonn

³ FESG am IAPG, TU München

FGS Workshop 2013 in Bad Kötzing



Motivation

Situation für die ITRS und ICRS Realisierung heute

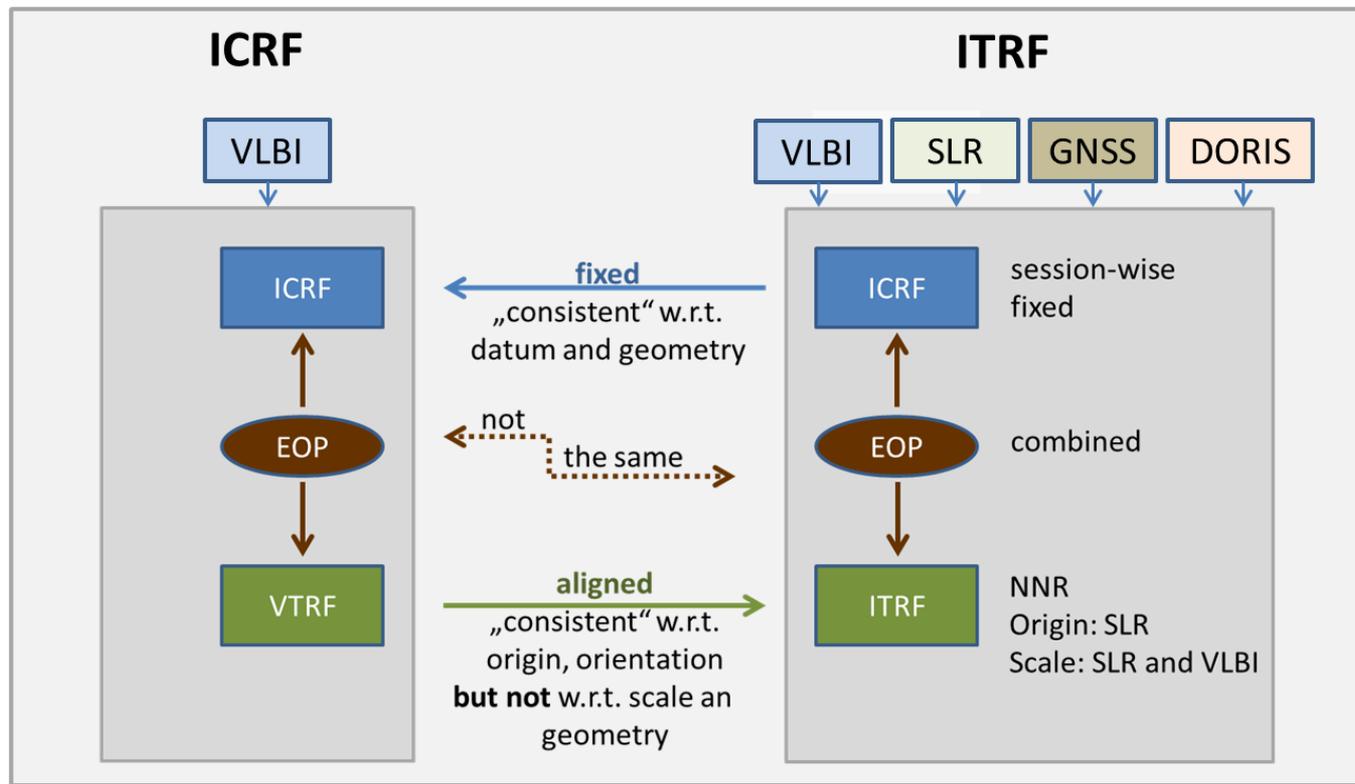
Es bestehen Inkonsistenzen, da die Realisierungen von verschiedenen Institutionen, basierend auf verschiedenen Eingangsdaten und unter Verwendung unterschiedlicher Software berechnet werden.

		ITRF	VTRF	IERS C04
Eingangsdaten	VLBI SLR GNSS DORIS	IVS ILRS IGS IDS	NASA/GSFC	Eingangsdaten von verschiedenen AC und TC
TRF	Datum: Maßstab	VLBI und SLR	Ausschließlich VLBI basiert	Individuelle tägl. oder wöchentliche Lösungen (Unterschied zu ITRF-EOP wegen nicht-linearer Stationsbewegungen)
	Netzgeometrie	Geringfügige Änderung durch die Kombination		
EOP	Pol, LOD, (Nutationsraten in Zukunft)	Kombiniert aus VLBI, GNSS, SLR und DORIS (kontinuierliche Zeitreihen für Satellitenära)	Ausschließlich VLBI basiert, keine kontinuierlichen Reihen	

Motivation

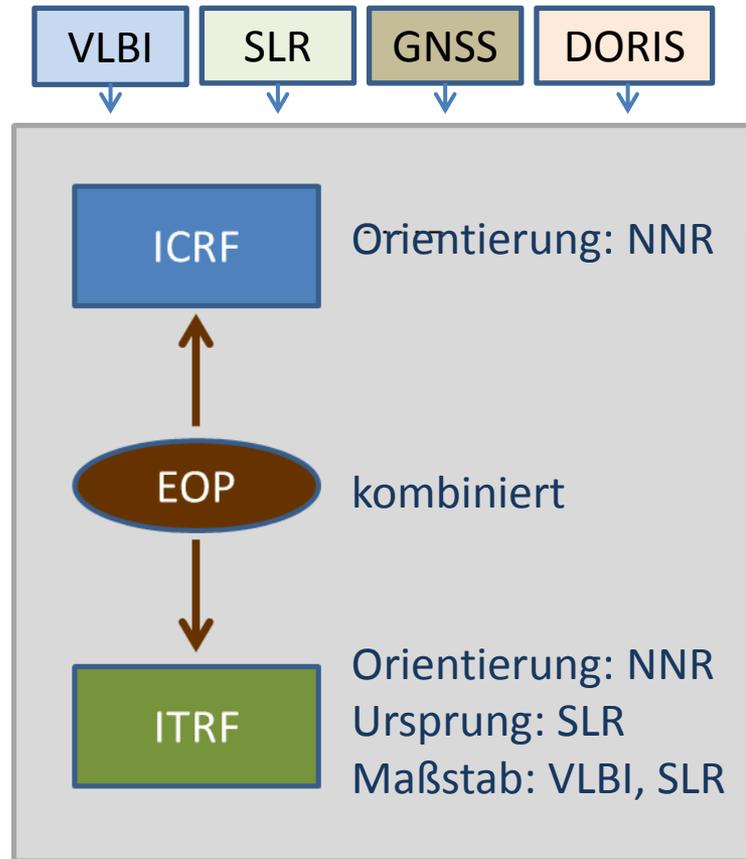
Situation für die ITRS und ICRS Realisierung heute

Es bestehen Inkonsistenzen, da die Realisierungen von verschiedenen Institutionen, basierend auf verschiedenen Eingangsdaten und unter Verwendung unterschiedlicher Software berechnet werden.



Konsistente Berechnung von TRF und CRF

Wie kann eine konsistente Berechnung erfolgen?



Strategie am DGFI:

- TRF, CRF und EOP werden simultan in einer Ausgleichung geschätzt.
- Das Datum wird entsprechend den IERS Conventions realisiert.
- Verwendete Daten: lange Beobachtungszeitreihen (NGL) von VLBI, GNSS und SLR (IGG, IAPG, DGFI)
- Explizite Parameter: Stationskoordinaten, Polkoordinaten, UT1-UTC, Nutation und die entspr. Raten

Erwartungen an eine konsistente Berechnung

Vorteile

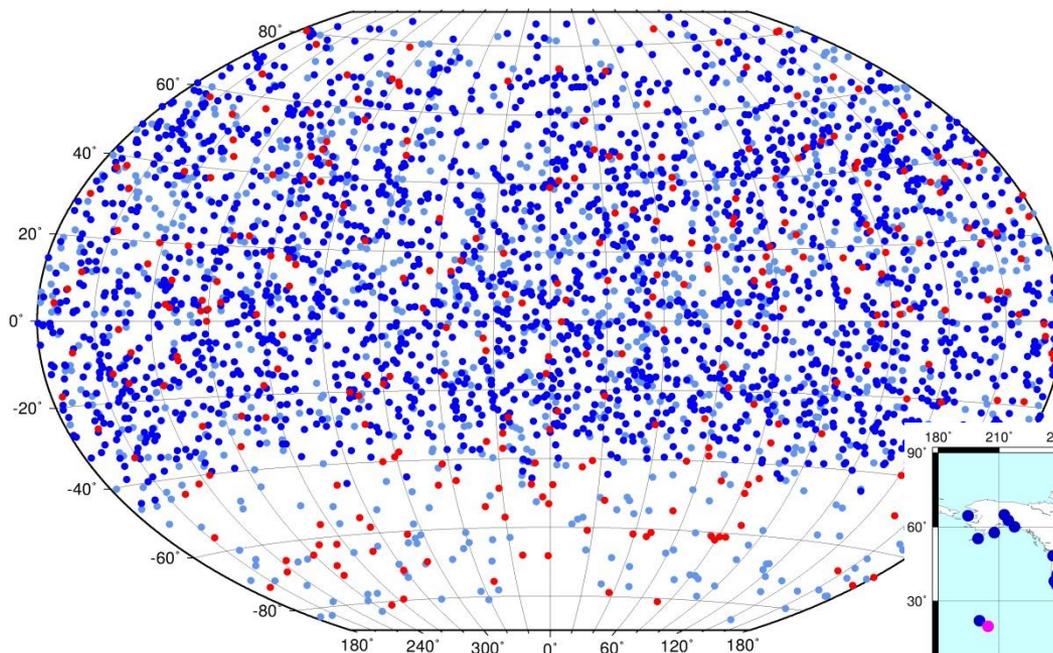
- Konsistenz zwischen allen Parametern / Produkten
 - Steigerung der Genauigkeit der EOP im Vergleich zu den verfahrensspezifischen Zeitreihen (vergl. IERS C04) bezüglich Streuung und Standardabweichung.
 - Auswirkung auf den CRF [Quellenpositionen und Standardabweichungen] durch die
 - Kombination der EOP (→ Haupteffekt)
 - Kombination der Stationskoordinaten
- Es wird erwartet, dass auch der CRF von der Kombination der Verfahren profitiert.
- Eine Verbesserung der Standardabweichungen der Quellenkoordinaten ist nachgewiesen.

Erwartungen an eine konsistente Berechnung

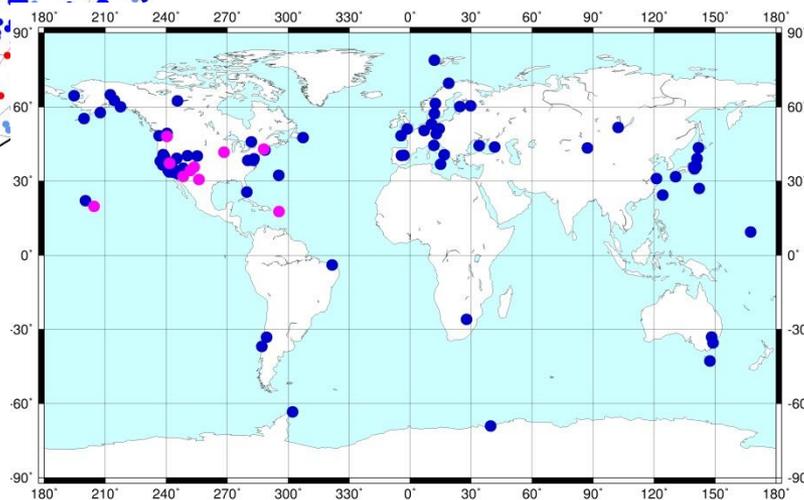
Nachteile, kritische Aspekte

- Viele Quellen wurden bisher nur von einer Session beobachtet
- Etwa 65% der ICRF-Quellen sind VCS Quellen und wurden ausschließlich in einer VLBA-Session beobachtet.
 - Der ICRF ist sehr sensitiv gegenüber der Genauigkeit einzelnen Sessions und damit gegenüber der EOP-Kombination.
 - Ändern sich die EOP, die aus einer Session bestimmt wurden, ändern sich die Positionen der Quellen, die nur in dieser Session beobachtet wurden entsprechend.
 - Das kann zu einer Verbesserung der Quellenpositionen führen, aber systematische Fehler in den GNSS- und SLR-EOP (im Speziellen LOD), können auch zur Deformation des CRF führen!
- Forschungsbedarf: Verfahren zur CRF-Validierung müssen entwickelt werden, die die hohe CRF-Genauigkeit berücksichtigen.

Zälestischer Referenzrahmen



- VCS-Quellen
- Quellen bestimmt aus globalen Netzen
- „defining sources“

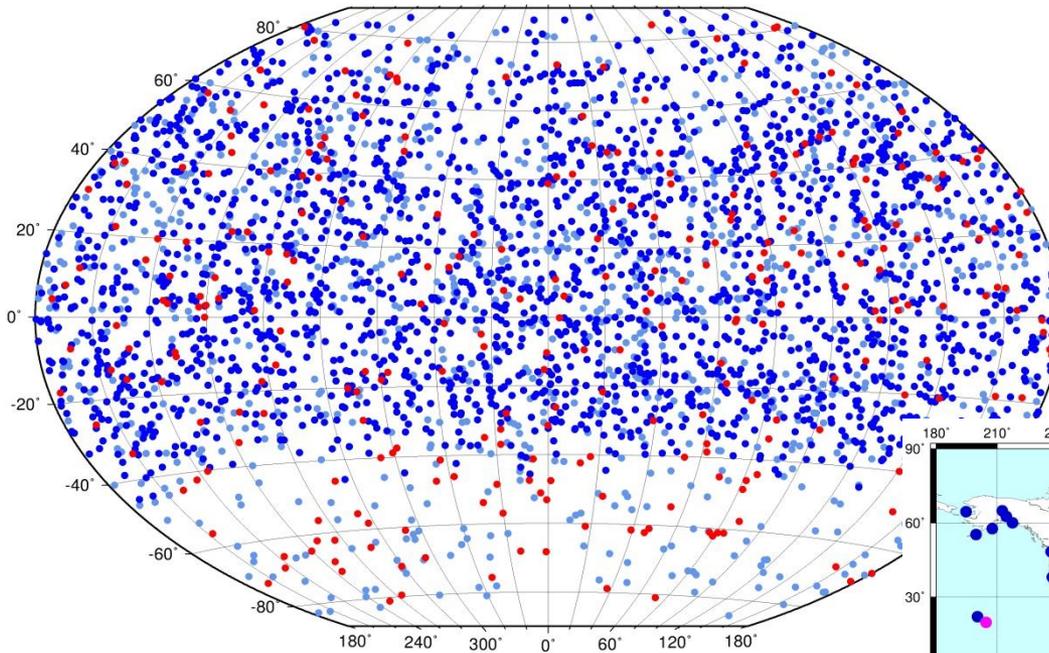


VLBA und globales Stationsnetz

Total	2967
VCS	1657 (55.8 %)

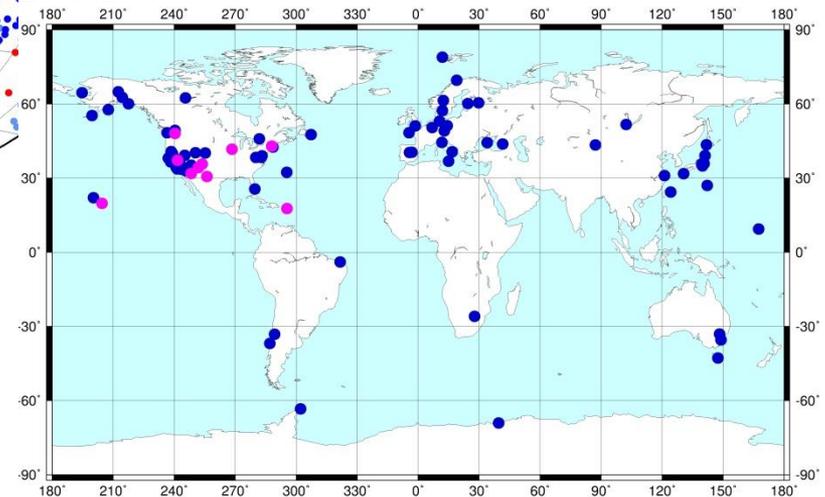
ICRF2 Total	3414
VCS	2197 (64.4 %)

Zälestischer Referenzrahmen



- VCS-Quellen
- Quellen bestimmt aus globalen Netzen
- „defining sources“

VLBA und globales Stationsnetz



Nicht-VCS: $\overline{\sigma_{DE}} = 194 \mu as$

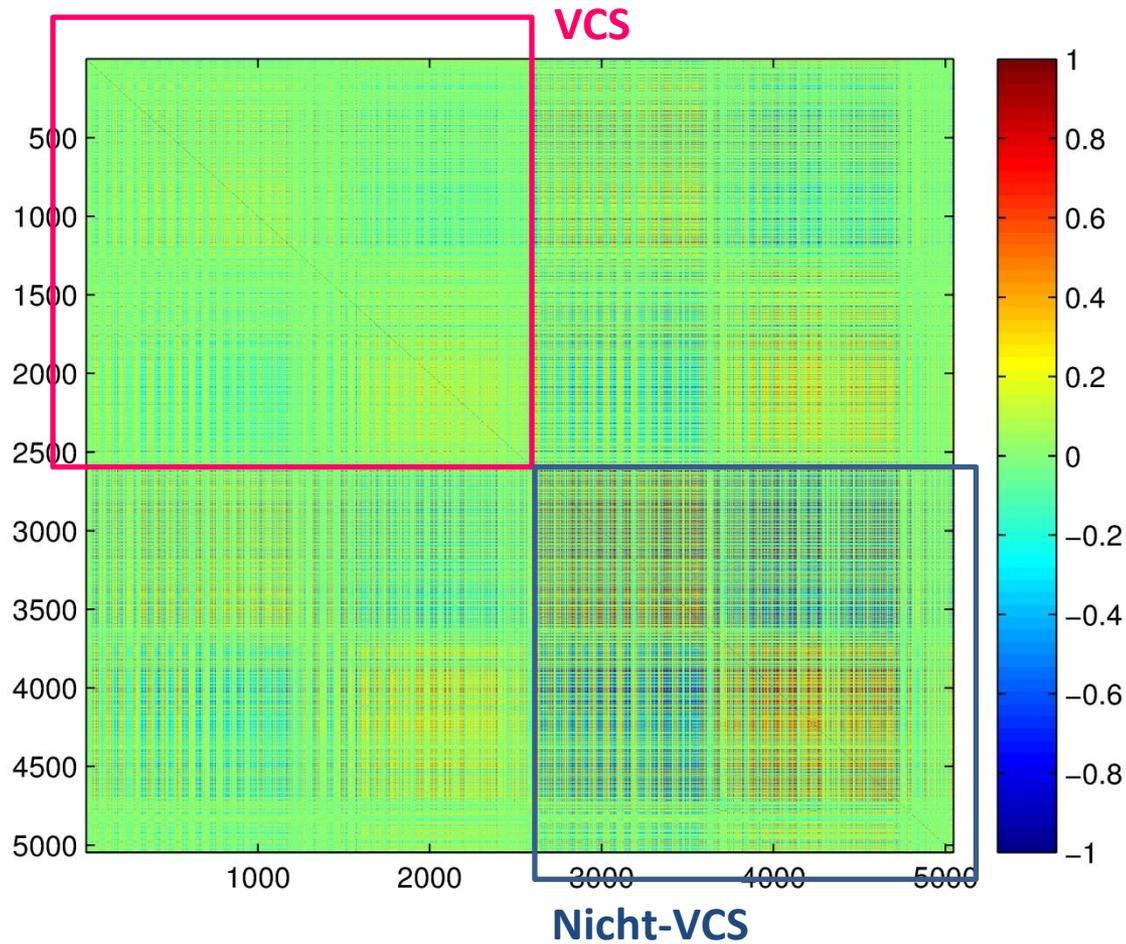
VCS: $\overline{\sigma_{DE}} = 1136 \mu as$ (x5.9)

$\overline{\sigma_{RA}} = 130 \mu as$

$\overline{\sigma_{RA}} = 621 \mu as$ (x4.8)

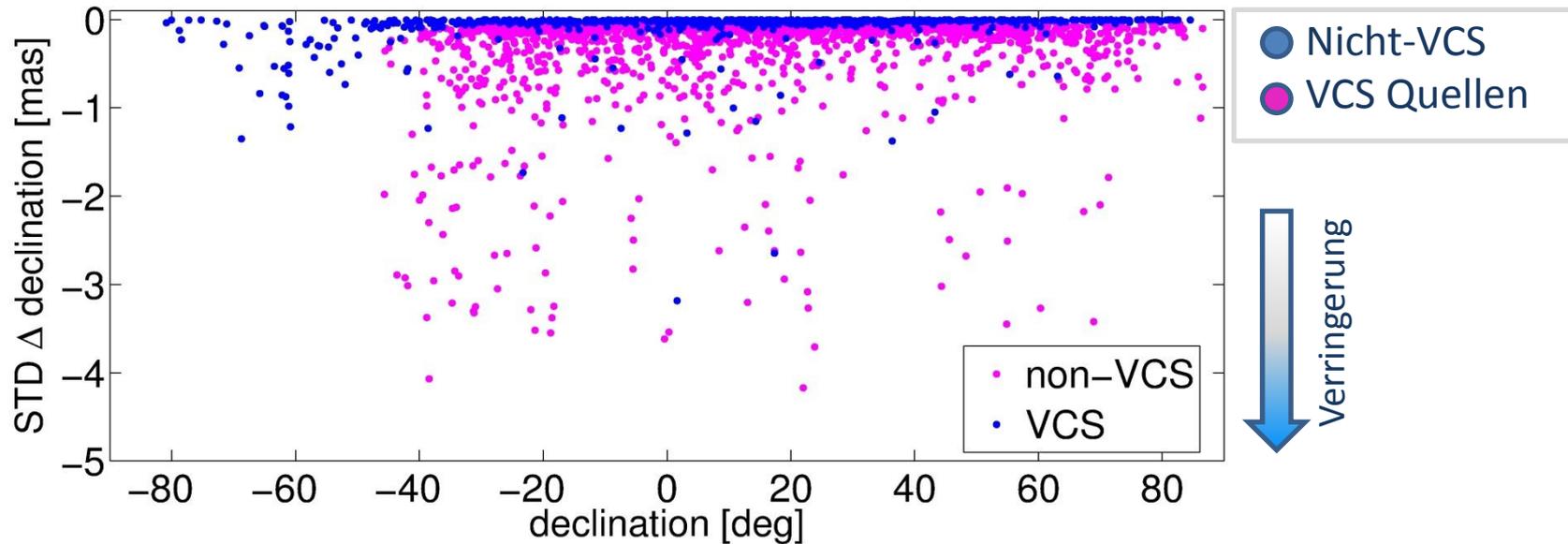
Zälestischer Referenzrahmen

Korrelationsmatrix



Effekt der Kombination auf die formalen Fehler

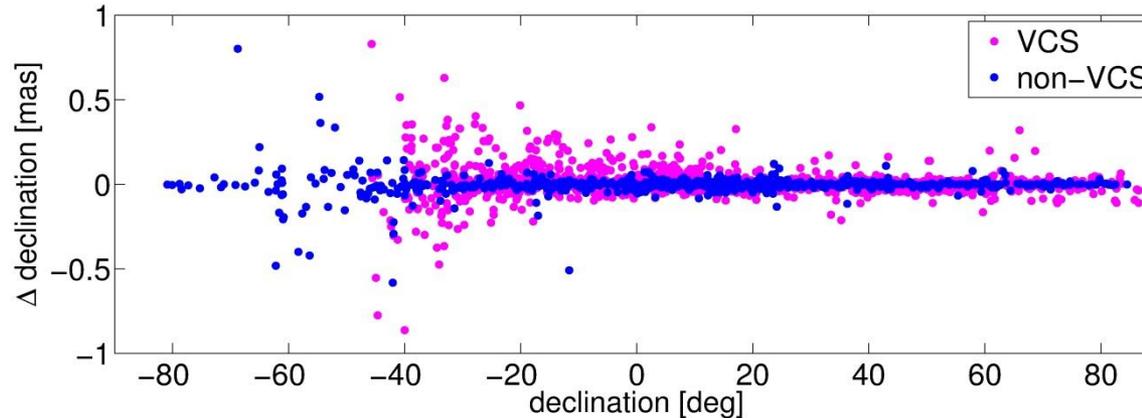
Änderung bezüglich VLBI-CRF



- Standardabweichungen nehmen generell ab. Effekt für DE und RA ganz ähnlich.
- VCS-Quellen profitieren am stärksten.
- Etwa 90% der Abnahme ist auf die Kombination der Polkoordinaten zurückzuführen.

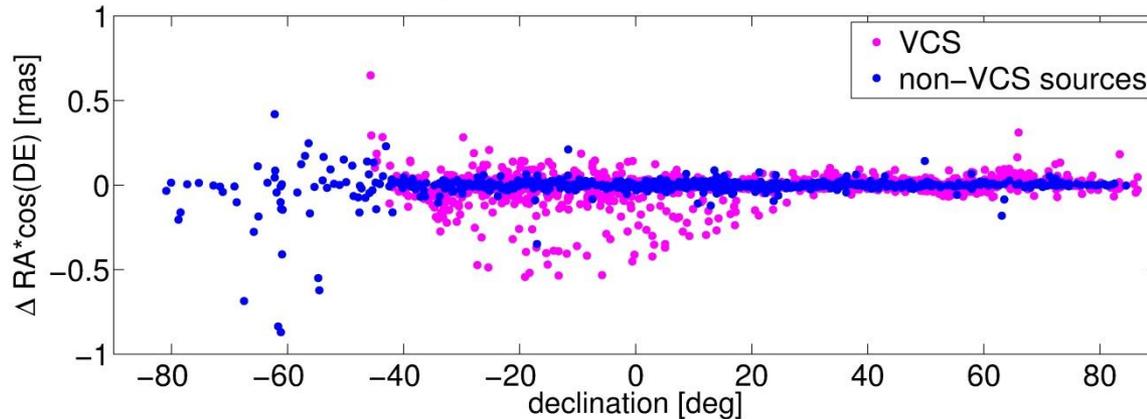
Effekt der EOP-Kombination auf den CRF (I)

Deklination bezüglich eines VLBI-CRF [mas]



- global
- VCS Quellen: jede Quelle wurde von nur einer VCS-Session beobachtet

Rektaszension bezüglich eines VLBI-CRF [mas]



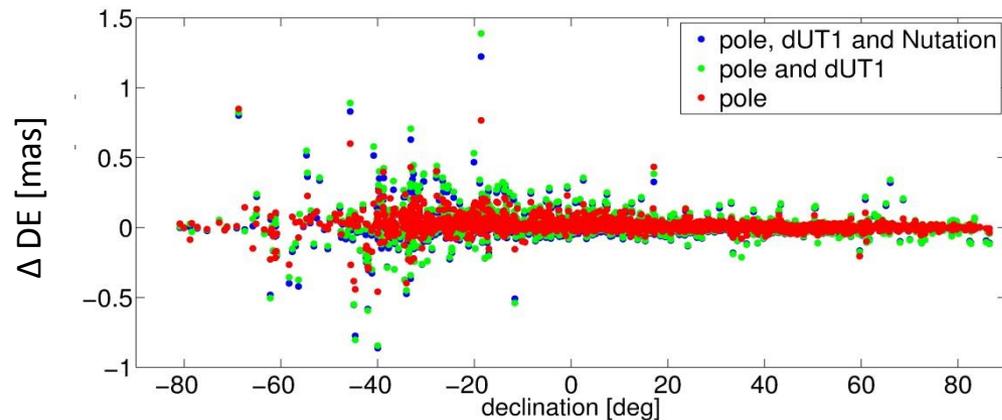
Systematiken von bis zu 0.5 mas für einige Quellen mit einer Deklination zwischen -40° und 30°

→ VCS-Quellen werden durch die Kombination stärker beeinflusst.

Effekt der EOP-Kombination auf den CRF (III)

Stufenweise Kombination der EOP

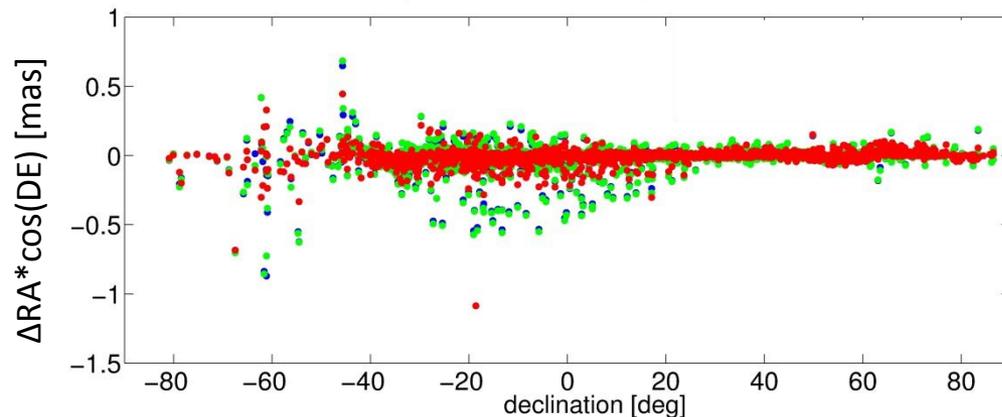
Deklination
bezüglich
VLBI-CRF
[mas]



WRMS

● 6.7 μas
● 6.1 μas

Rektaszension
bezüglich VLBI-CRF
[mas]



● 9.0 μas
● 5.5 μas

→ Die Kombination von LOD hat den größten Einfluß auf die Quellenkoordinaten.

Zusammenfassung und Diskussion

- **Kombination der Stationskoordinaten** führt zu nicht-signifikantem Effekt
 - **EOP-Kombination** wirkt sich auf den CRF aus:
 - Standardabweichungen der Quellenkoordinaten nehmen ab: 90% des Effektes durch Kombination der Polkoordinaten ($\sigma_{\text{GNSS}} < \sigma_{\text{VLBI}}$)
→ VCS-Quellen profitieren am stärksten, wegen ~ 5 fach höherer σ
 - Mittlere Änderung der Quellenpositionen nicht signifikant
→ VCS-Quellen zeigen Systematik in RA, hauptsächlich wegen der Kombination von LOD
mögliche Ursachen:
 - (1) LOD aus VLBA-Netz und globalem GNSS-Netz nicht gleich (aber warum sind nicht alle VCS-Quellen betroffen?)
 - (2) LOD aus GNSS ist systematisch verfälscht (Bahnmodellierung) (aber warum sind nicht alle VCS-Quellen und -Sessions betroffen?)
- Weiterführen der Untersuchungen mit nochmals verbesserten und verlängerten Inputdaten und unter Verwendung aller VCS-Sessions (Ergebnisse zum IAG Symposium).

To do

- Untersuchung aller 24 VCS-Sessions (Session für Session), wobei EOP stufenweise kombiniert werden
- Der besondere Vorteil: Systematiken in den Differenzen der EOP, die aus GNSS und VLBI bestimmt wurden, lassen sich nicht anhand der EOP-Differenzzeitreihen finden, da diese zu stark verrauscht sind → der Effekt der EOP-Kombination auf den CRF läßt aber eine Quantifizierung zu!
- Identifikation kritischer VCS-Quellen
- Identifikation der Ursachen für die Änderung von Quellenpositionen. Bedeutet eine Änderung eine Verbesserung oder eine Verschlechterung des CRF?
- Entwicklung von Validierungsmethoden für den CRF.
- Wiederholtes Beobachten von VCS-Quellen?

To do

Was kann von wiederholten Beobachtungen der VCS-Quellen erwartet werden?

- Höhere Genauigkeit durch höhere Redundanz.
 - Quellen sollten mind. in zwei Sessions beobachtet werden (niedrigere Sensitivität bezügl. der EOP einer Session → höhere Zuverlässigkeit der einzelnen Quellen, der VCS-Quellen ins besondere und des CRF generell (> 60% VCS sources).
 - Die Verwendung neuer Beobachtungskonstellationen führt zu einer besseren Verknüpfung der VCS-Sessions untereinander (homogenerer CRF) und
 - Eine stärkere Beobachtung von VCS-Quellen durch globale Netze würde die Homogenität des CRF deutlich verbessern.
- IAU-WG on ICRF-3 hat Kontakt zur NRAO aufgenommen: NRAO ist an einer Wiederholungsbeobachtung der VCS-Quellen interessiert.

Internationale Aktivitäten

- **IUGG Resolution 3 angenommen in 2011:** “highest consistency between the ICRF, the ITRF, and the EOP as observed and realized by the IAG and its components such as the IERS should be a primary goal in all future realizations of the ICRS. “
- **IAG Sub-Commission 1.4 “Interaction of Celestial and Terrestrial Reference Frames”**
- **IAU Working Group on ICRF-3**

The main intention for the computation of ICRF-3 is to provide an ICRF solution with many precise and well distributed sources, which can be observed with reliable accuracy in both, the radio and the optical band, in order to allow for the best connection of radio and optical (GAIA) catalog possible.
- **IERS** diskutiert über die Anforderungen an zukünftige IERS-Produkte während des IERS-Retreat im Mai.

