



1. GCOS Round Table 28. Sept. 2012, ZAMG Wien



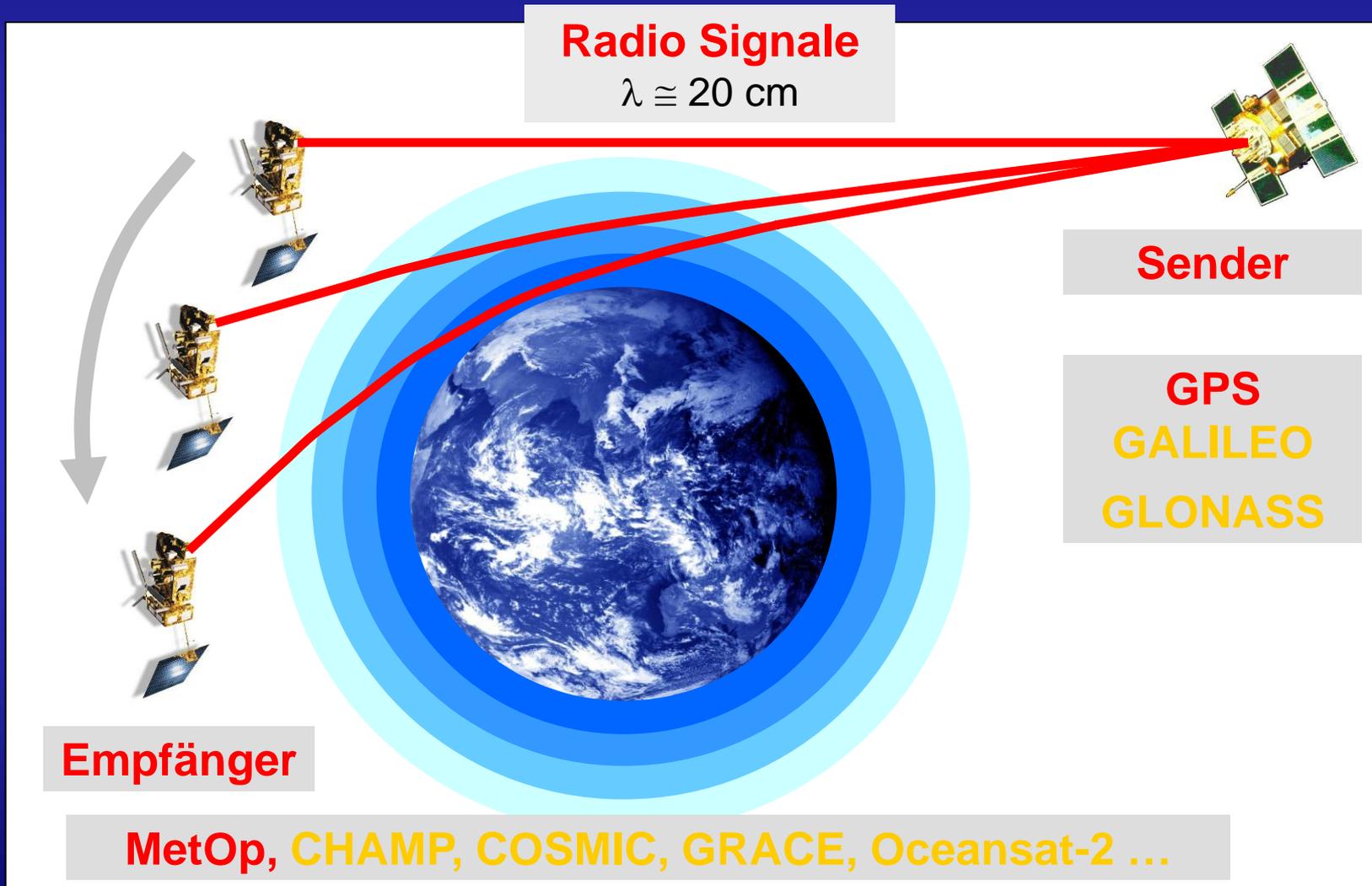
Konsistente Klimatologien der Atmosphäre mittels Radio- Okkultation

U. Foelsche, B. Scherllin-Pirscher,
A.K. Steiner and G. Kirchengast
Wegener Center und IGAM/IP, KF-Universität of Graz

Gefördert vom Austrian Science Fund
Projekt: BENCHCLIM P22293-N2



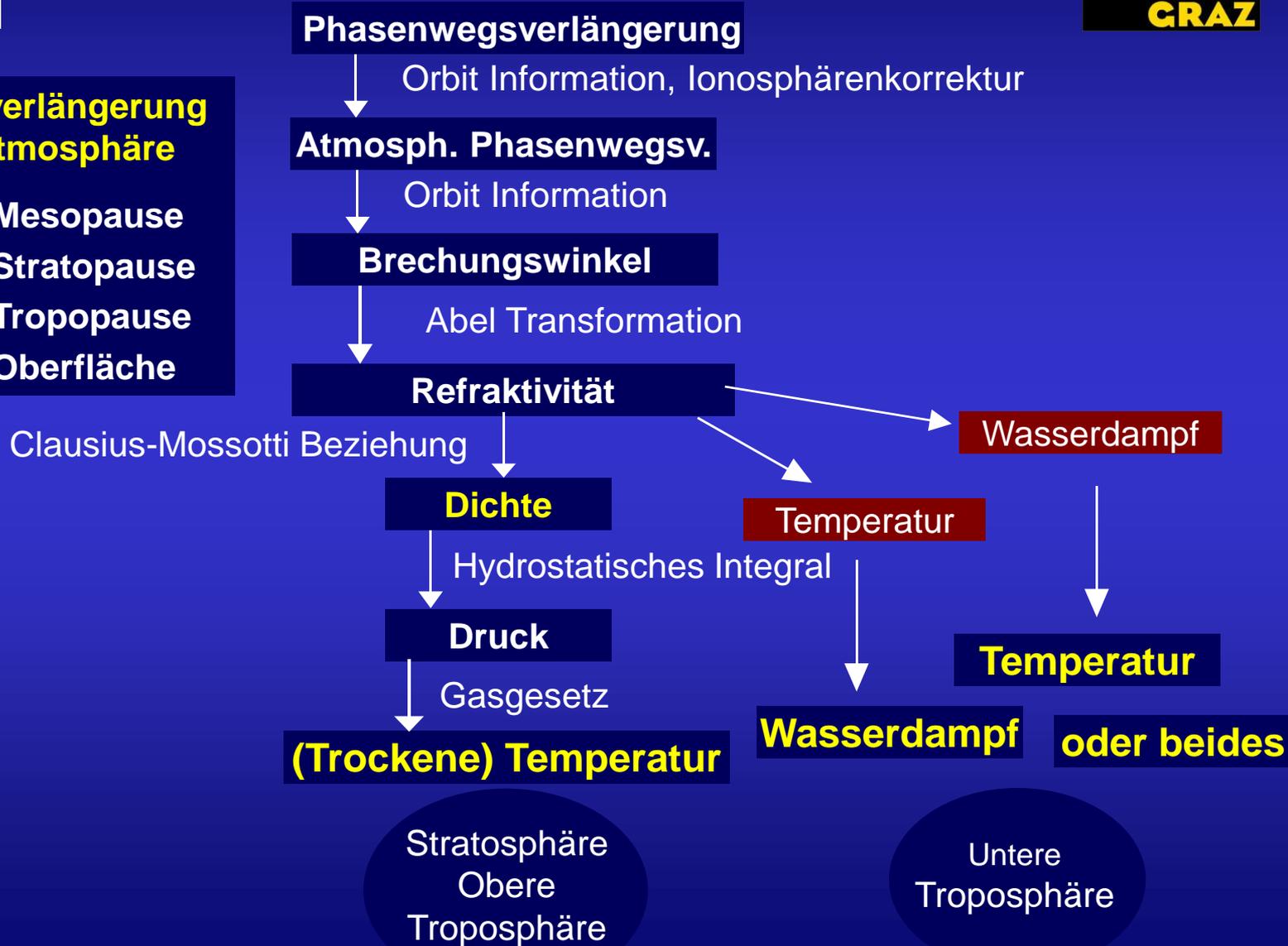
GNSS Radio-Okkultation



GNSS Radio Okkultation

Phasenwegsverlängerung durch die Atmosphäre

- ~ 1 mm Mesopause
- ~ 20 cm Stratopause
- ~ 20 m Tropopause
- ~ 1- 2 km Oberfläche





Klimabeobachtung



Radio-Okkultationsmessungen bieten eine attraktive Kombination aus:

- **Langzeit-Stabilität**, da RO Daten weitestgehend selbstkalibriert sind („SI-traceable“)
- **Hohe vertikale Auflösung** und **hohe Genauigkeit**
- **Globale Bedeckung**, gleich Beobachtungsdichte (und Qualität) über Ozeanen und Kontinenten.

- **All-Wetter Tauglichkeit**, Messungen bei Tag und Nacht

Die geringe **horizontale** Auflösung ist kein Nachteil, da Klima-Daten ohnehin horizontal gemittelt werden.

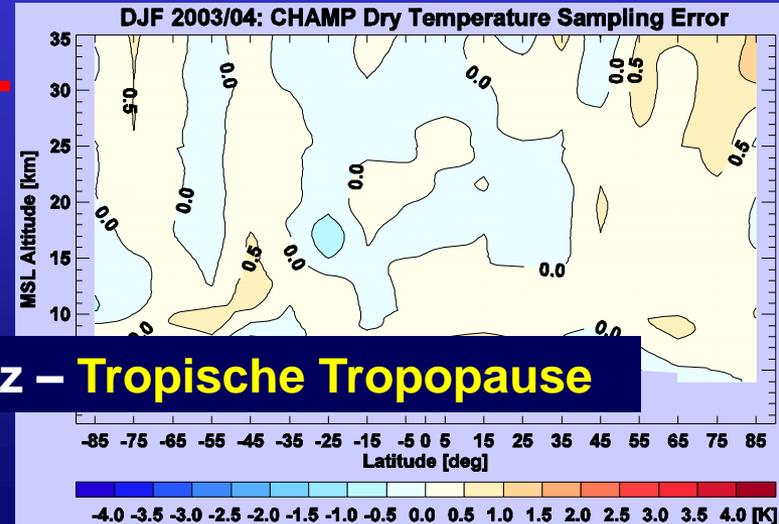
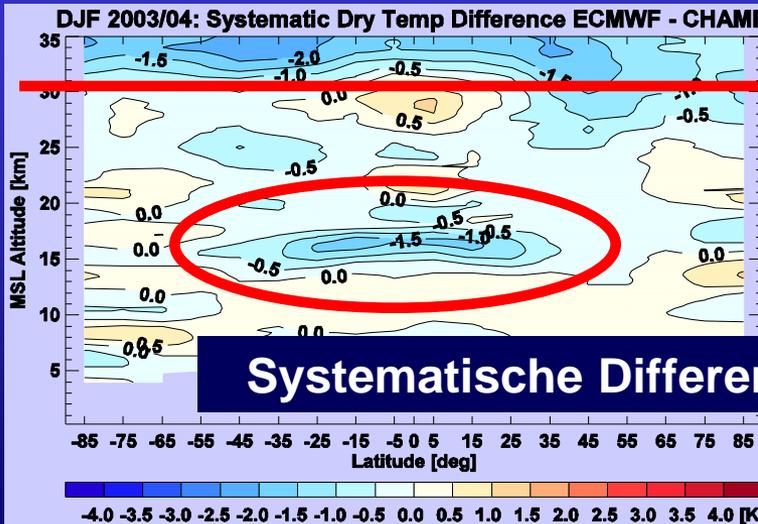
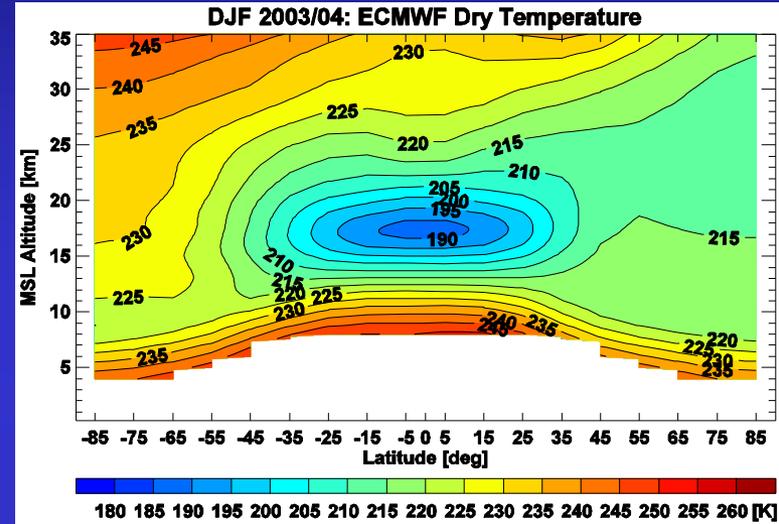
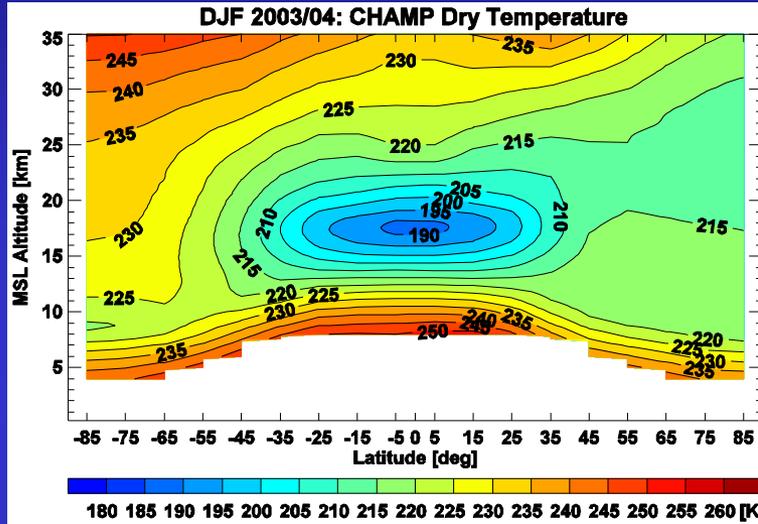
RO Daten sind die einzigen Satelliten-Daten, die beim ECMWF **ohne Bias Korrektur** assimiliert werden können.



Qualität der RO Klimatologien

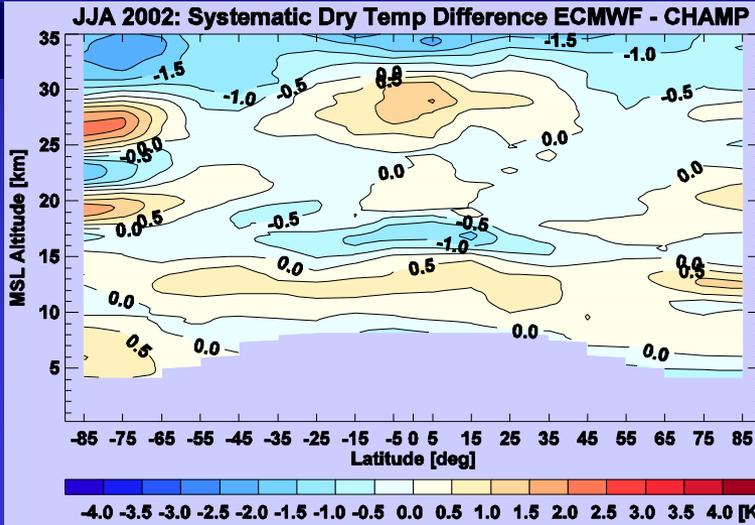


Vergleich mit
ECMWF Analysen
(European Centre for Medium-Range
Weather Forecasts)

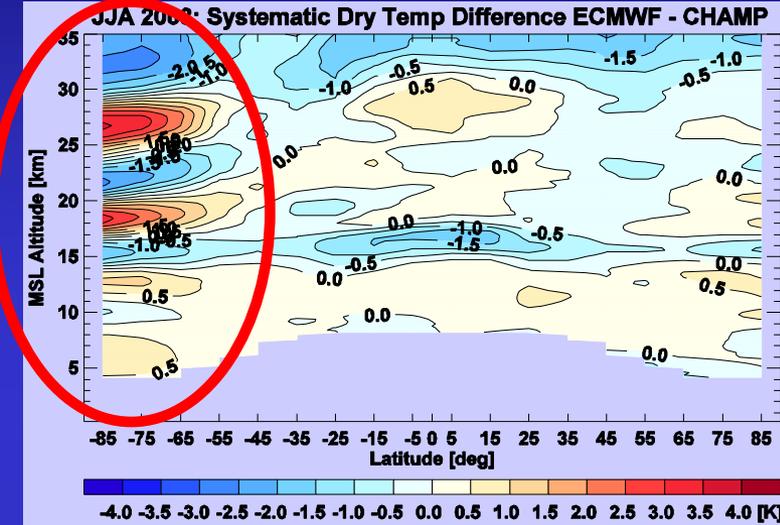


Systematische Differenz – Tropische Tropopause

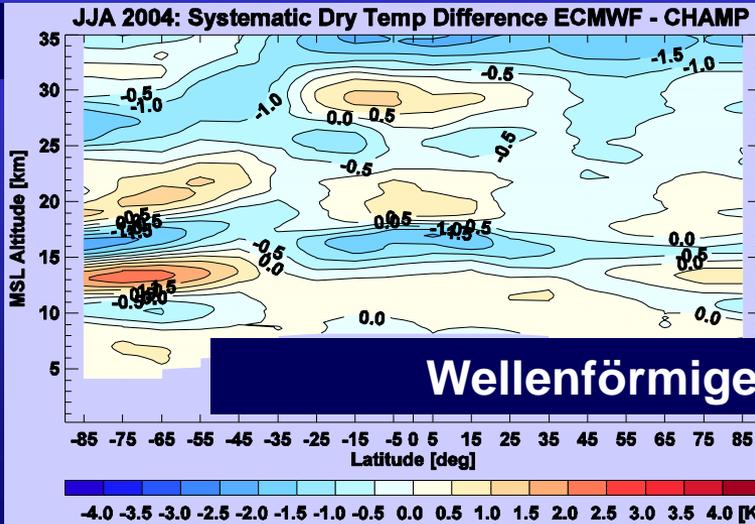
2002



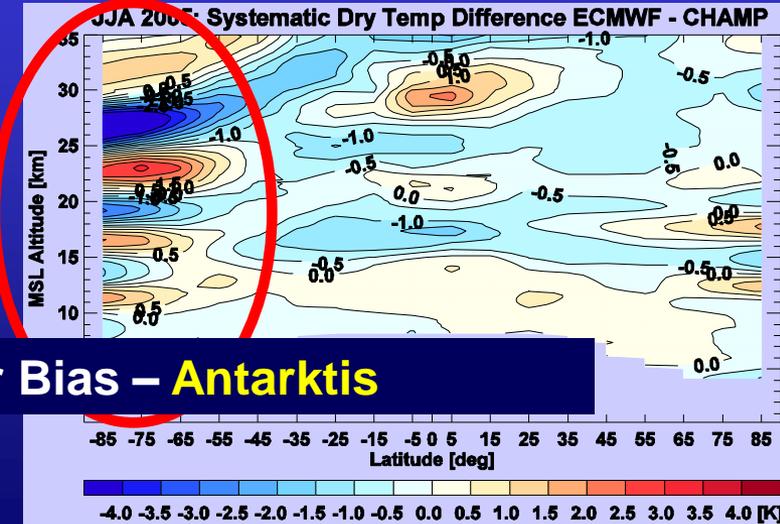
2003



2004



2005



Wellenförmiger Bias – Antarktis

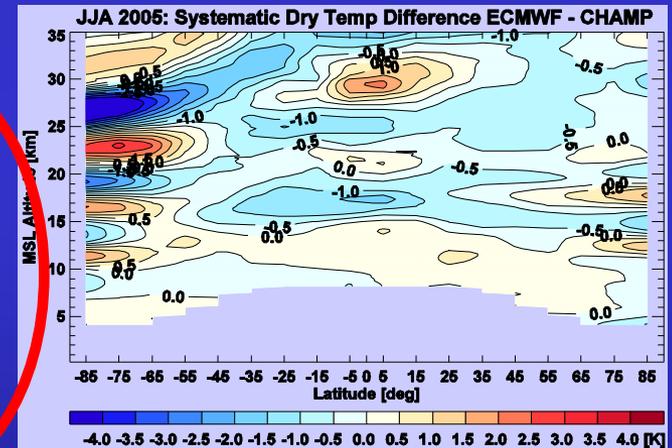
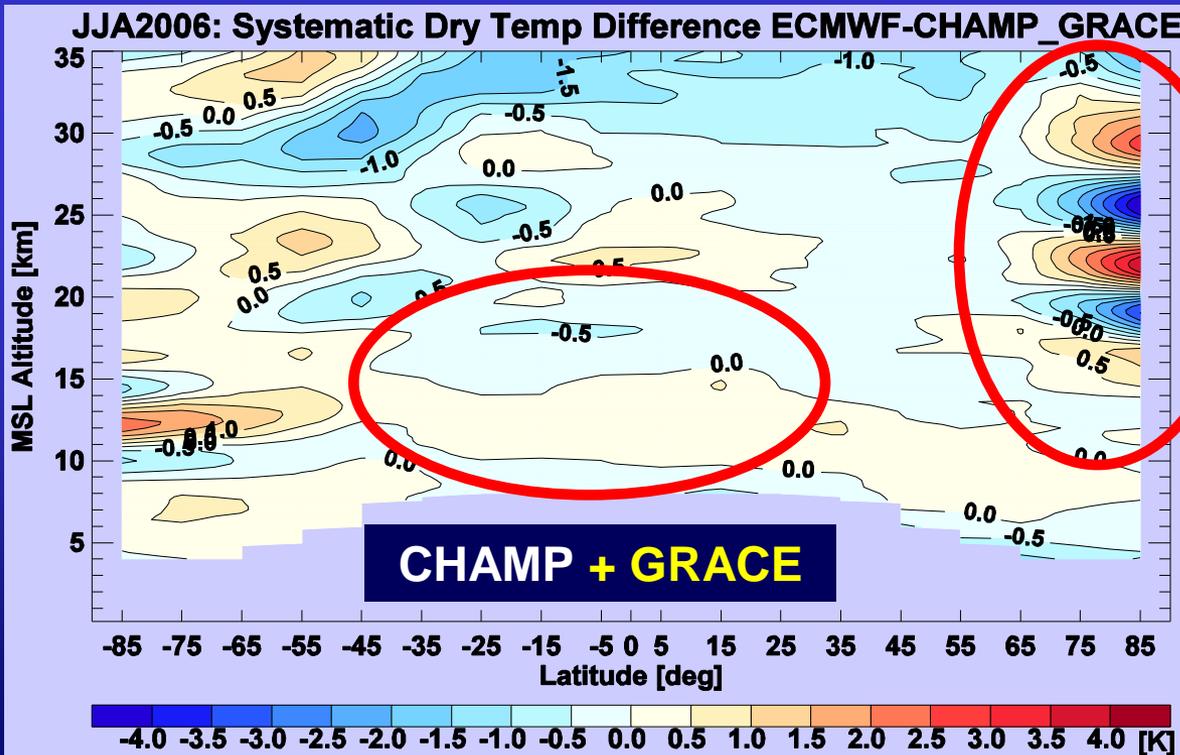
Systemat. Differenz – JJA2006

Februar 2006: **Große Änderung bei ECMWF**

Horizontale Auflösung: T511 → **T799**

Vertikale Auflösung: L60 → **L91**

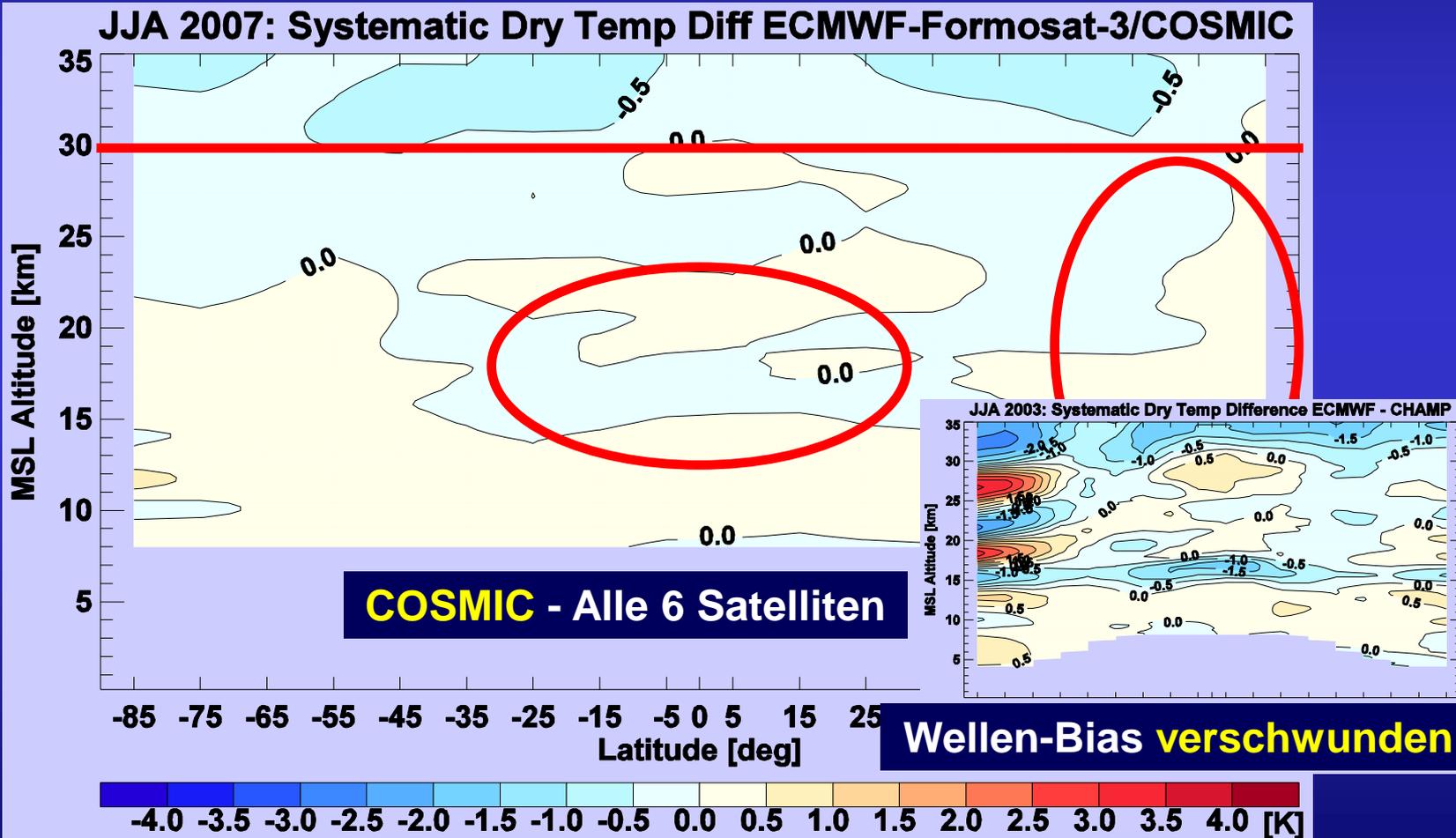
Top Modell Level: 0.1 hPa → **0.01 hPa**



**Tropische Tropopause:
Differenz verschwunden**

**Wellenförmiger Bias jetzt
über der Arktis**

Ab Dezember 2006: **Assimilation von RO Daten bei ECMWF**





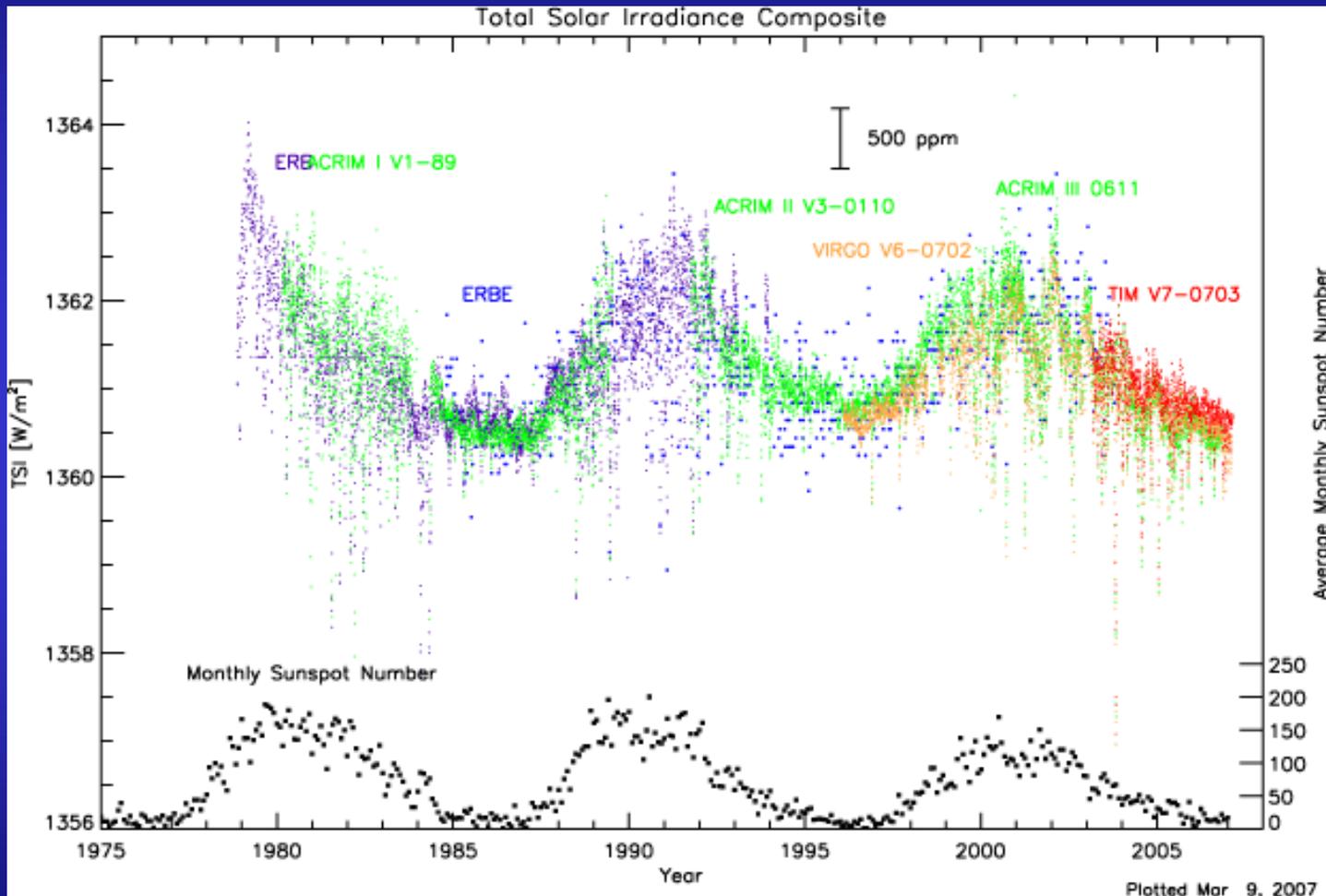
Daten-Konsistenz



Für Langzeit-Untersuchungen des Klimawandels müssen wir RO **Daten von verschiedenen Satelliten kombinieren**.
Im besten Fall wünschen wir uns:

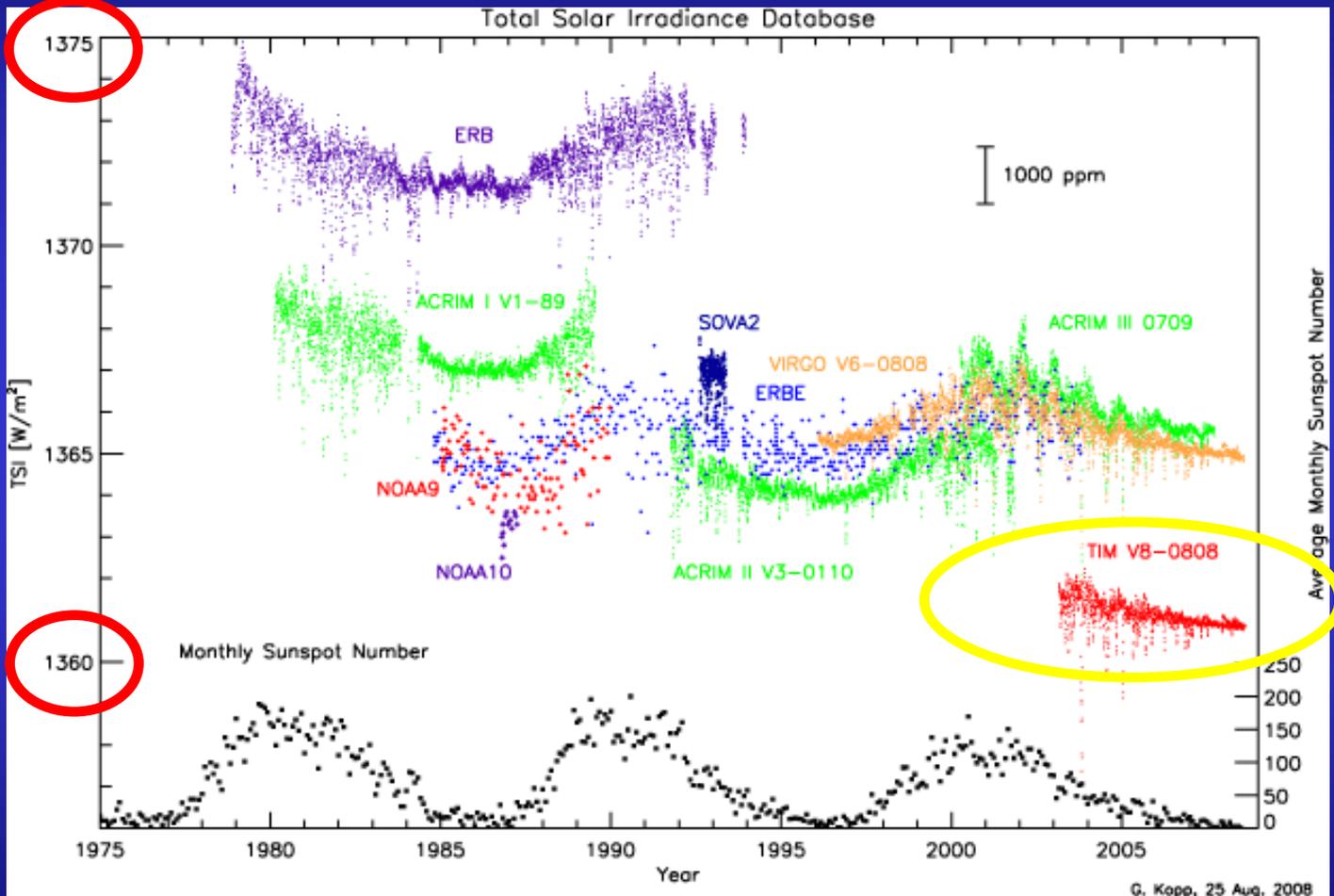
Konsistent Resultate für verschiedene Satelliten
und
Konsistente Resultate für verschiedene Zentren

Messung der Solar-Konstante

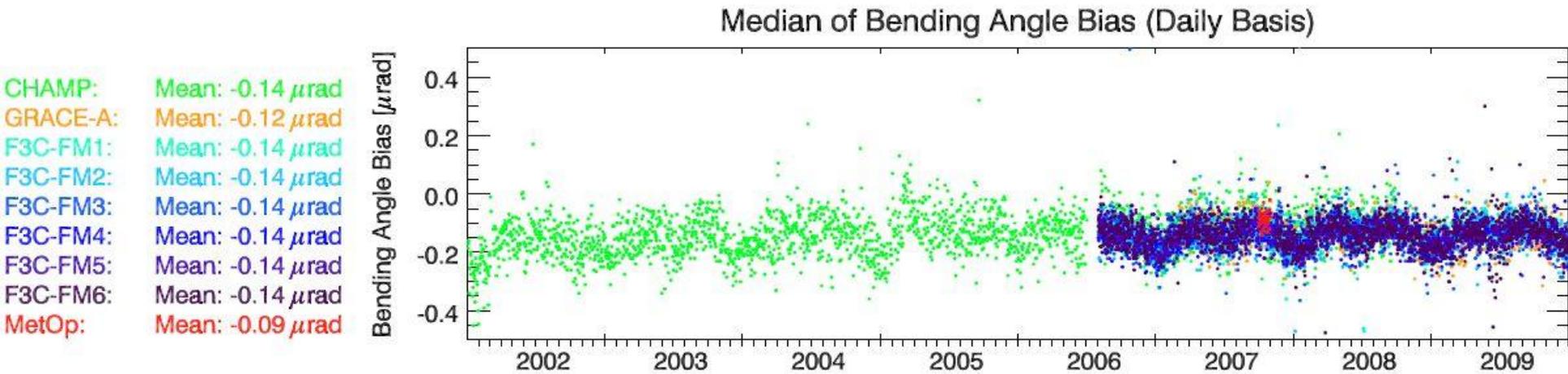


„Total Solar Irradiance“ (TSI): Kombination unterschiedlicher Satelliten-Messungen (Quelle: World Radiation Center).

Messung der Solar-Konstante



TSI – Original Messungen (Quelle: WRC). Systematische Differenzen sind etwa so groß wie der anthropogene Strahlungsantrieb. Ohne Überlapp ist eine Trend-Bestimmung **unmöglich**.

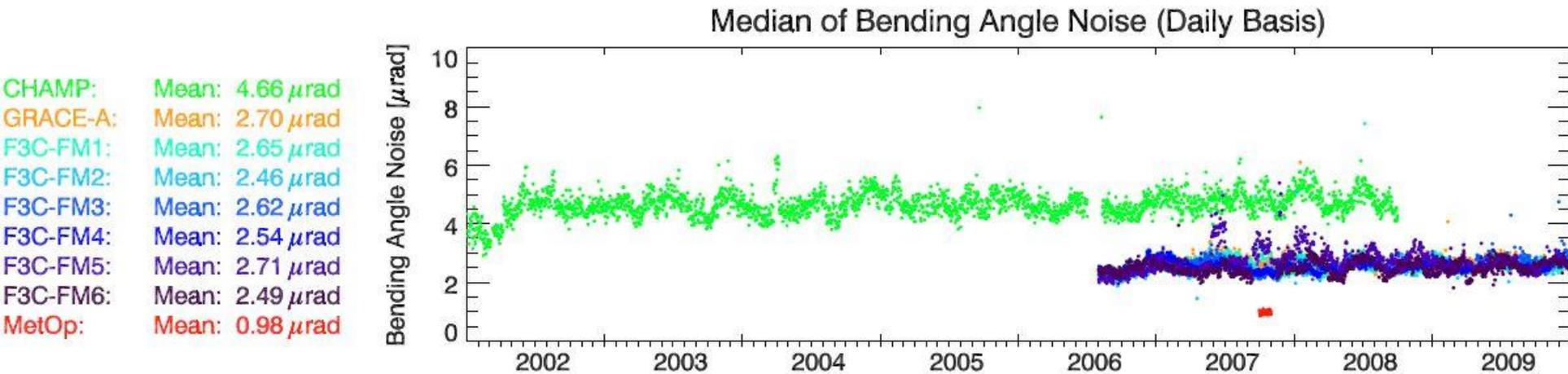


Brechungswinkel-Statistik zw. **65 km** und **80 km** Höhe

“Bias” meint – Differenz zur **MSIS** Klimatologie – extrem ähnlich für alle Satelliten (UCAR Daten). Jahres- und Halbjahresgang.

Keine Hinweise auf **Instrumenten-Alterung** oder **Inhomogenitäten** im RO Datensatz.

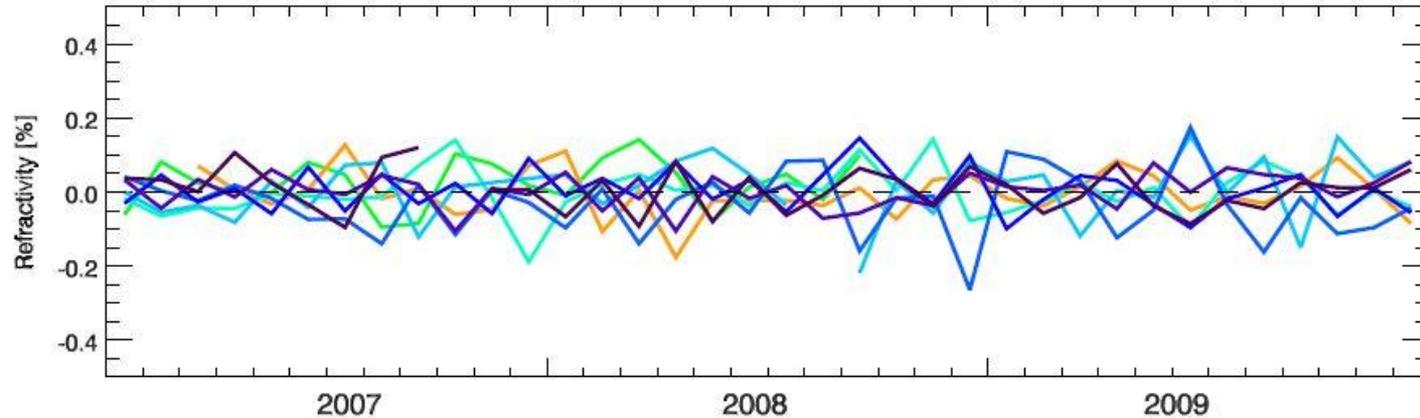
Kein Signal des **Sonnenaktivitäts-Zyklus** in den CHAMP Daten.



Brechungswinkel-Statistik zwischen **65 km** und **80 km** Höhe
Rauschen – unterschiedliche Niveaus für die verschiedenen Satelliten
GRACE-A (“zero differencing”) ca. so wie **F3/COSMIC** (“single diff.”)

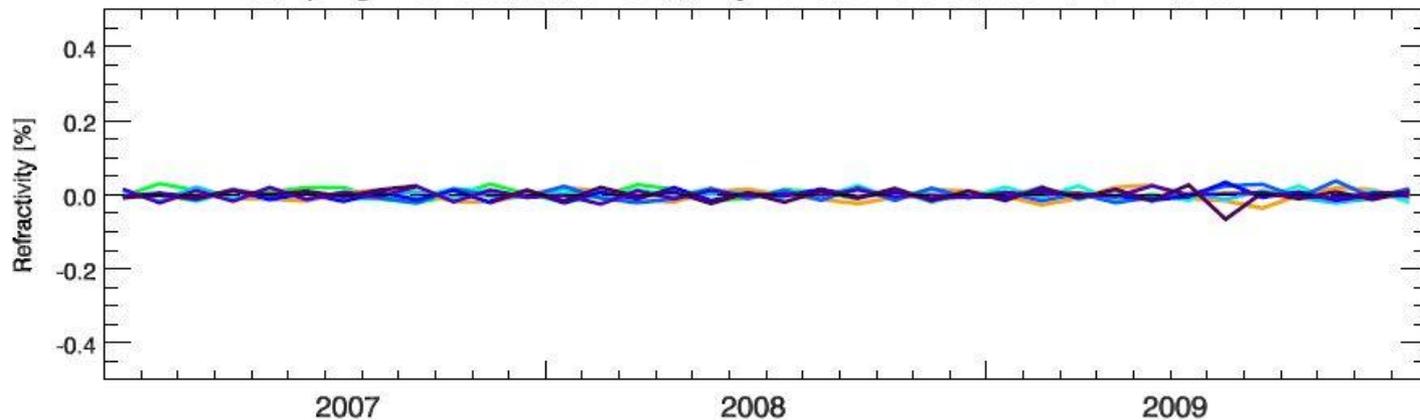
Stärkeres Rauschen bei CHAMP führt zu **stärkerer Gewichtung** der Hintergrund-Daten bei der **statistischen Optimierung** – und zu **stärkerer Abwärts-Propagierung** potentieller Hintergrund-Fehler

Refractivity Deviation: 90°S to 90°N, 10 km to 30 km



CHAMP:	Mean: 0.02 %
GRACE-A:	Mean: -0.00 %
F3C/FM-1:	Mean: -0.00 %
F3C/FM-2:	Mean: 0.01 %
F3C/FM-3:	Mean: -0.03 %
F3C/FM-4:	Mean: 0.00 %
F3C/FM-5:	Mean: 0.01 %
F3C/FM-6:	Mean: 0.01 %

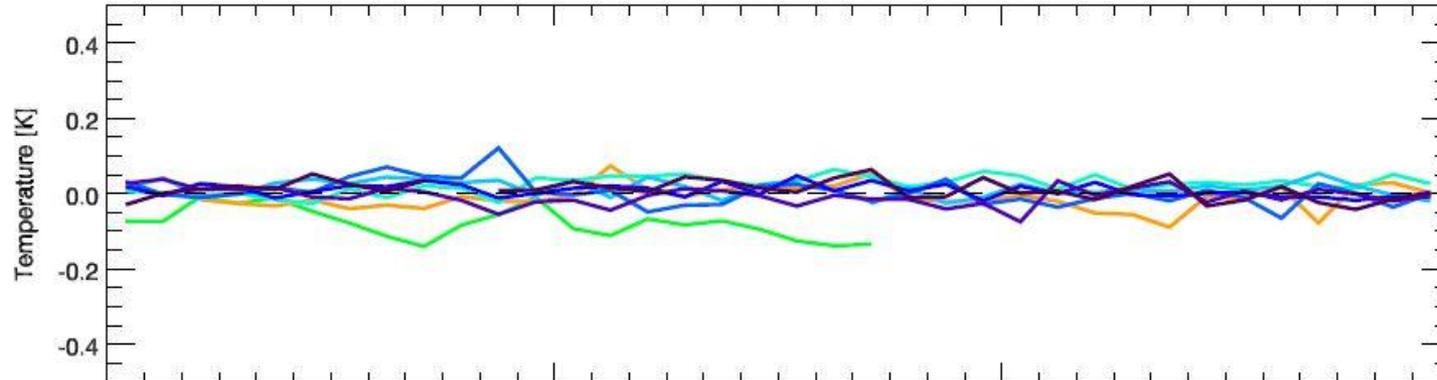
Sampling Error Subtracted Refractivity Deviation: 90°S to 90°N, 10 km to 30 km



CHAMP:	Mean: 0.00 %
GRACE-A:	Mean: -0.00 %
F3C/FM-1:	Mean: 0.00 %
F3C/FM-2:	Mean: -0.00 %
F3C/FM-3:	Mean: 0.00 %
F3C/FM-4:	Mean: -0.00 %
F3C/FM-5:	Mean: 0.00 %
F3C/FM-6:	Mean: -0.00 %

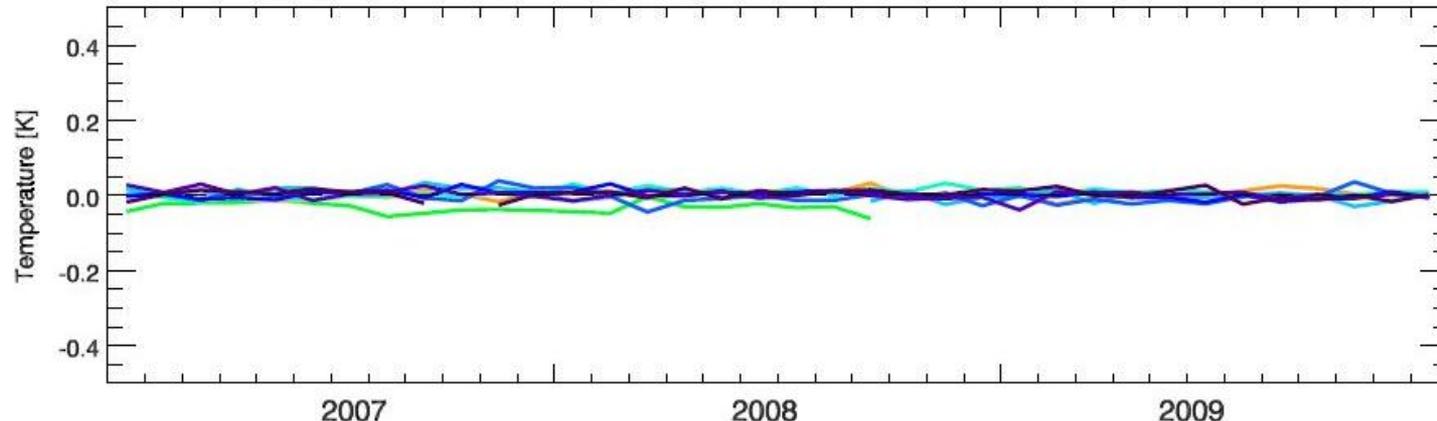
Monatliche Differenzen der **Refraktivität** vom **Satelliten-Mittel** noch weiter verringert nach Abzug des **Abtastfehlers**

Sampling Error Subtracted Dry Temperature Deviation: 90°S to 90°N, 25 km to 30 km



CHAMP:	Mean: -0.08 K
GRACE-A:	Mean: 0.01 K
F3C/FM-1:	Mean: 0.02 K
F3C/FM-2:	Mean: 0.01 K
F3C/FM-3:	Mean: 0.00 K
F3C/FM-4:	Mean: 0.01 K
F3C/FM-5:	Mean: -0.01 K
F3C/FM-6:	Mean: 0.01 K

Sampling Error Subtracted Dry Temperature Deviation: 90°S to 90°N, 15 km to 20 km



CHAMP:	Mean: -0.03 K
GRACE-A:	Mean: 0.00 K
F3C/FM-1:	Mean: 0.01 K
F3C/FM-2:	Mean: 0.00 K
F3C/FM-3:	Mean: -0.00 K
F3C/FM-4:	Mean: 0.00 K
F3C/FM-5:	Mean: 0.00 K
F3C/FM-6:	Mean: 0.00 K

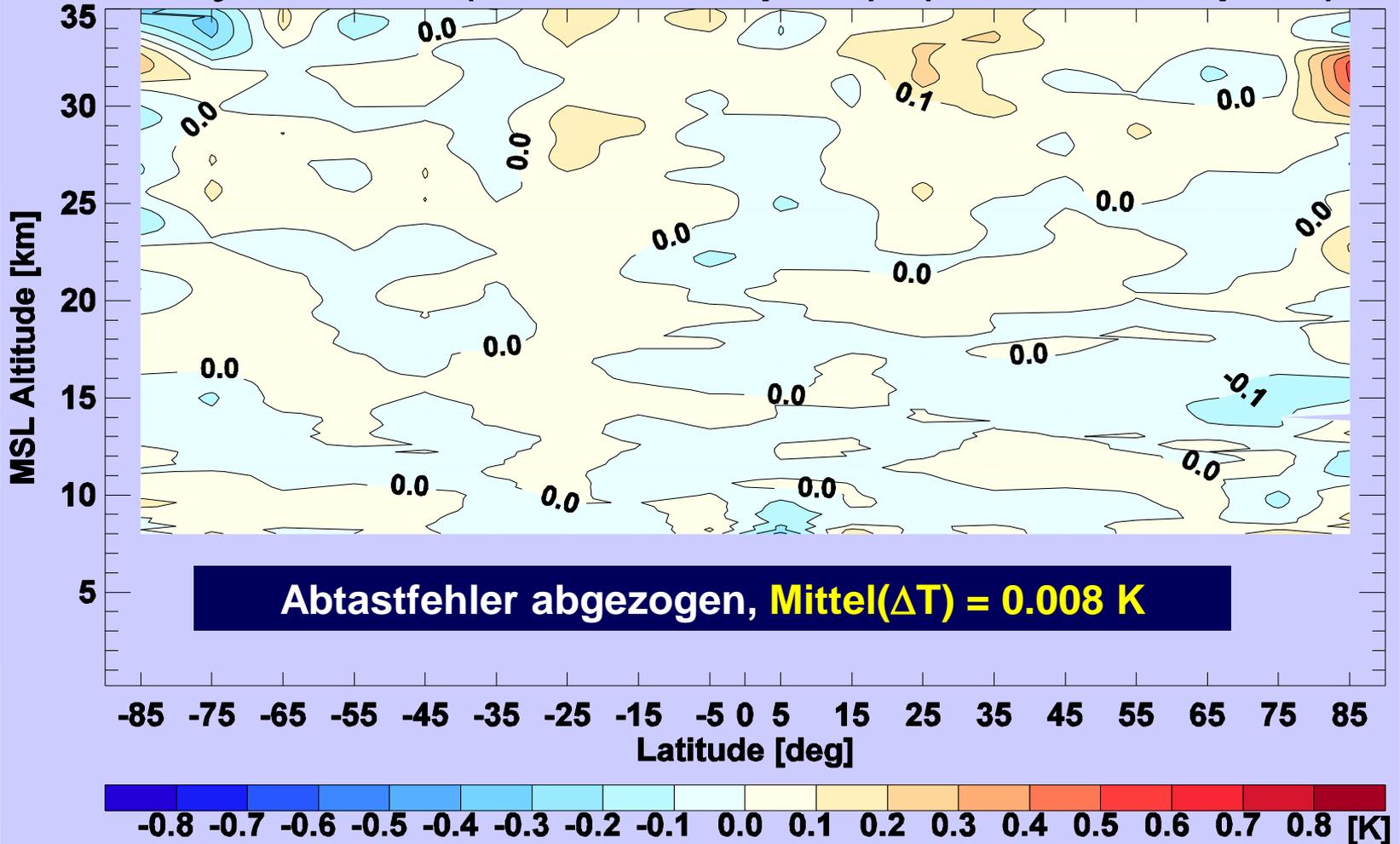
Monatliche Differenzen der **Trockenen Temperatur** zum **Satelliten-Mittel**
Abtastfehler abgezogen 15 – 20 km, 25 – 30 km

CHAMP-Offset nimmt mit der Höhe zu – Stat. Opt., Hintergrund Bias?

Konsistenz – JJA 2007

COSMIC-FM2 minus COSMIC-FM4

Tdry: JJA 2007: (F3C/FM-2-Sampl Err) - (F3C/FM-4-Sampl Err)



Radio-Okkultationsmessungen haben großes Potential für die globale Klima-Beobachtung

Vergleich mit ECMWF:

- Unterschiede (Tropische Tropopause, wellenförmiger Bias, oberhalb von 30 km ...) verschwinden – mit Verbesserungen bei ECMWF

Klimatologien von unterschiedlichen Satelliten:

- Extrem hohe Konsistenz bei der Refraktivität
- Trockene Temperatur: Kleine CHAMP Unterschiede (0.05 K) hauptsächlich über ~25 km (Initialisierung)

Basis für Trend-Studien



Daten



GLOBCLIM www.globclim.org

Globale, zonal gemittelte Monats-, Saisons, und Jahres-Klimatologien in 10° Breiten-Bändern

2001 – 2008: CHAMP: ~150 sehr gute Profile pro Tag

Seit 2006: COSMIC: > 1000 gute Profile pro Tag

IROWG International Radio Occultation Working Group

<http://www.irowg.org/>

CGMS Coordination Group for Meteorological Satellites



Global Climate Monitoring

Glob CLIM

My account Logout Contact

Search

- ulf
- Home
 - About
 - Introduction
 - Dataportal
 - Current Data
 - Archive
 - Team
 - Support Partners
 - Science Technical Support
 - Funding Support
 - References
 - Content
 - Post settings
 - Search content
 - Search users
 - Users
 - Mass Contact
 - Create content

Home

Dataportal

- climatology data
- climatologies quicklook
- occultation event data

Climatology Data (CLD)

Detail	Mission	Level	Year	CLD Center	CLD Version	OED Center	OED Version	PD Center	PD Version	HRes	Download
Details	CHAMP	L3	2008	WEGC	CLIPsv1.3	WEGC	OPsv5.4	UCAR	2007.3200	10°	2.63 MB
Details	CHAMP	L3	2008	WEGC	CLIPsv1.3	WEGC	OPsv5.4	UCAR	2009.2650	10°	2.63 MB
Details	CHAMP	L3	2007	WEGC	CLIPsv1.3	WEGC	OPsv5.4	UCAR	2007.1200	10°	1.7 MB
Details	CHAMP	L3	2007	WEGC	CLIPsv1.3	WEGC	OPsv5.4	UCAR	2007.3200	10°	1.7 MB
Details	CHAMP	L3	2007	WEGC	CLIPsv1.3	WEGC	OPsv5.4	UCAR	2009.2650	10°	4.06 MB
Details	CHAMP	L3	2007	WEGC	CLIPsv1.3	WEGC	OPsv5.4	UCAR	2007.1700	10°	746 kB
Details	CHAMP	L3	2006	WEGC	CLIPsv1.3	WEGC	OPsv5.4	UCAR	2009.2650	10°	4.08 MB
Details	CHAMP	L3	2006	WEGC	CLIPsv1.3	WEGC	OPsv5.4	UCAR	2007.1200	10°	4.2 MB
Details	CHAMP	L3	2005	WEGC	CLIPsv1.3	WEGC	OPsv5.4	UCAR	2009.2650	10°	4.09 MB
Details	CHAMP	L3	2005	WEGC	CLIPsv1.3	WEGC	OPsv5.4	UCAR	2007.1200	10°	4.2 MB
Details	CHAMP	L3	2004	WEGC	CLIPsv1.3	WEGC	OPsv5.4	UCAR	2009.2650	10°	4.09 MB
Details	CHAMP	L3	2004	WEGC	CLIPsv1.3	WEGC	OPsv5.4	UCAR	2007.1200	10°	4.2 MB
Details	CHAMP	L3	2003	WEGC	CLIPsv1.3	WEGC	OPsv5.4	UCAR	2009.2650	10°	4.09 MB
Details	CHAMP	L3	2003	WEGC	CLIPsv1.3	WEGC	OPsv5.4	UCAR	2007.1200	10°	4.2 MB
Details	CHAMP	L3	2002	WEGC	CLIPsv1.3	WEGC	OPsv5.4	UCAR	2007.1200	10°	4.2 MB
Details	CHAMP	L3	2002	WEGC	CLIPsv1.3	WEGC	OPsv5.4	UCAR	2009.2650	10°	4.09 MB
Details	CHAMP	L3	2001	WEGC	CLIPsv1.3	WEGC	OPsv5.4	UCAR	2007.1200	10°	1.5 MB





Vielen Dank!

Refraktivität

Mikrowellen-Refraktivität (N) – ist eine skalierte Darstellung des Brechungsindex (n) – abhängig von der Temperatur (T), dem Druck (p), und dem Wasserdampfpartialdruck (e):

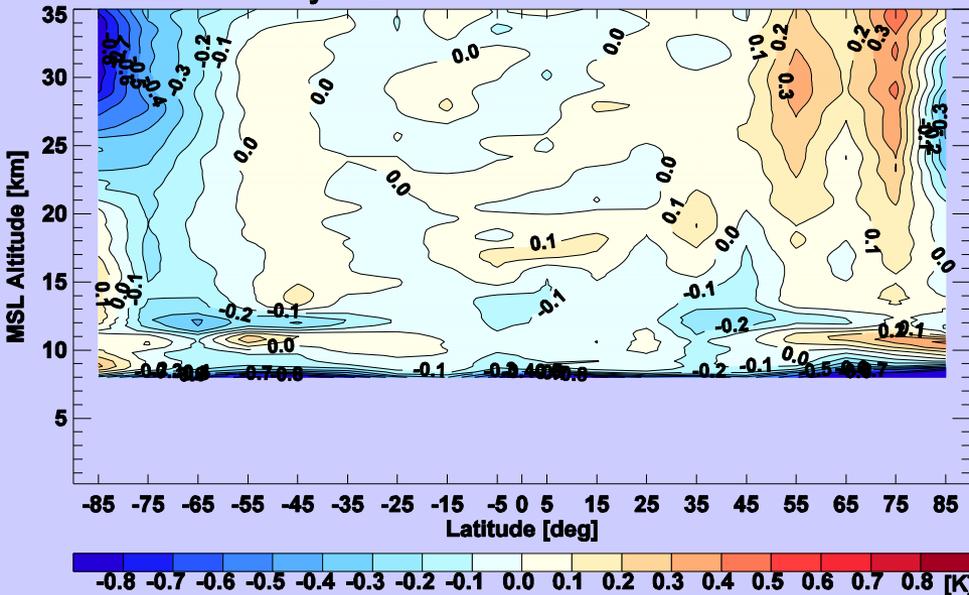
$$N \equiv (n - 1) \cdot 10^6 = k_1 \frac{p}{T} + k_2 \frac{e}{T^2}$$

In **trockener Luft** (kleines e), ist die Refraktivität direkt proportional zur **Luft-Dichte** (ρ):

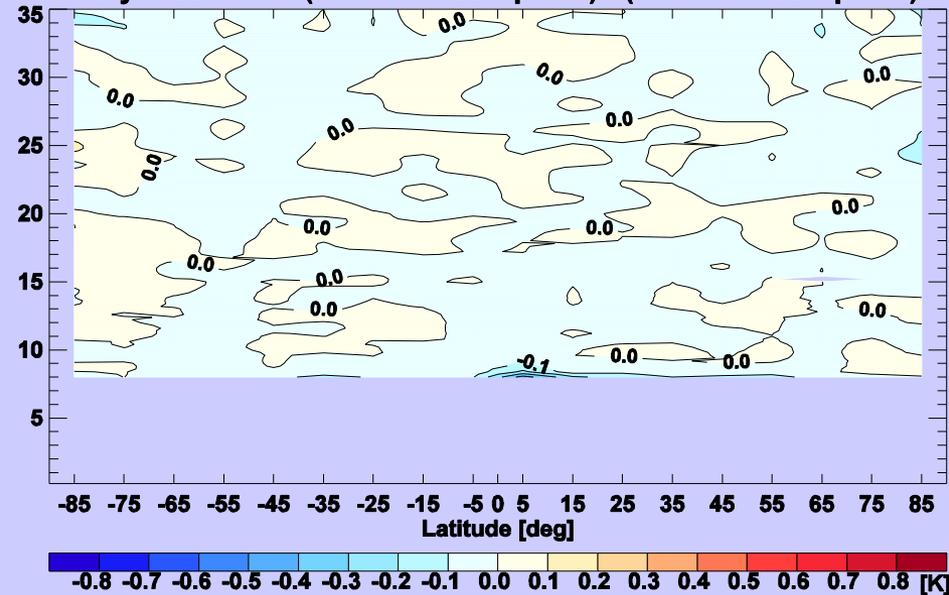
$$N = k_3 \rho$$

$$T_{dry} = k_1 \frac{p}{N}$$

T_{dry}: Year 2007: F3C/FM-1 - F3C/FM-4



T_{dry}: Year 2007: (F3C/FM-1-Sampl Err) - (F3C/FM-4-Sampl Err)

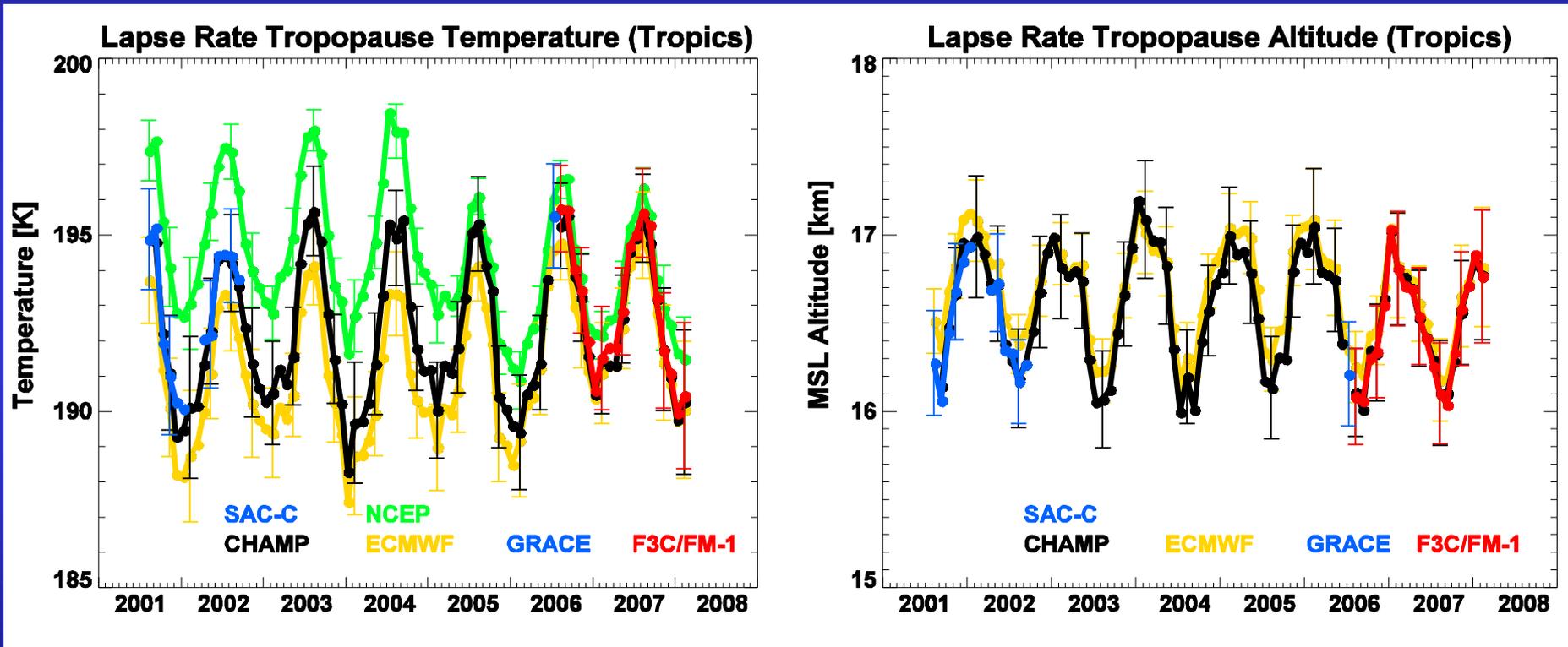


Systematische Differenz zw. zonal gemittelten T_{dry} Klimatologien des Jahres **2007** von zwei verschiedenen **Formosat-3/ COSMIC** Satelliten (FM-1 und FM-4).

Nach Abzug des **jeweiligen Abtastfehlers** (von beiden Klimatologien) sind die Differenzen praktisch überall < 0.1 K.

Daten-Konsistenz

Tropische Tropopause

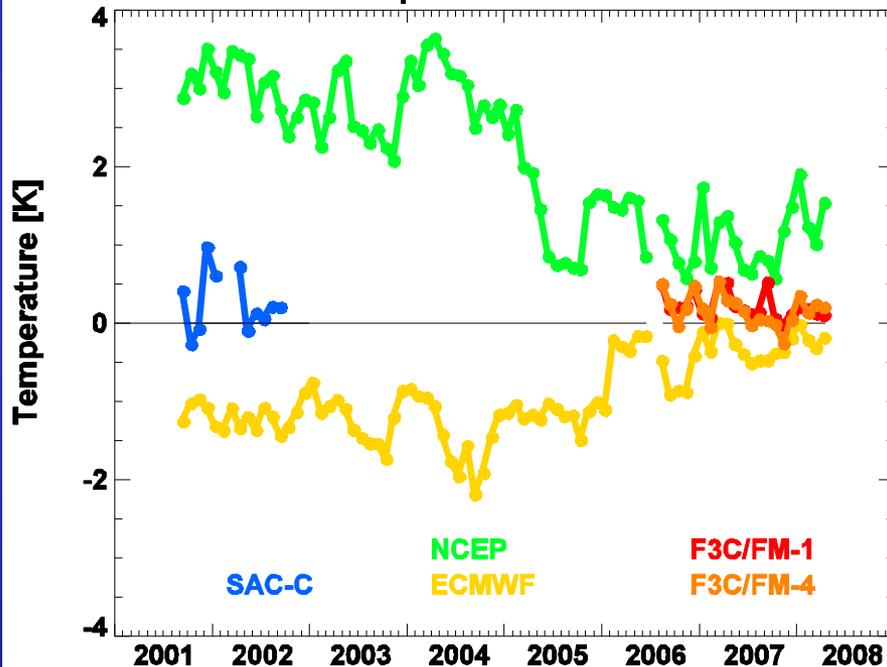


Exzellente Übereinstimmung der RO Daten. Temperatur-Offsets in NCEP und ECMWF Analysen – weniger stark ausgeprägt bei der Tropausen-Temperatur

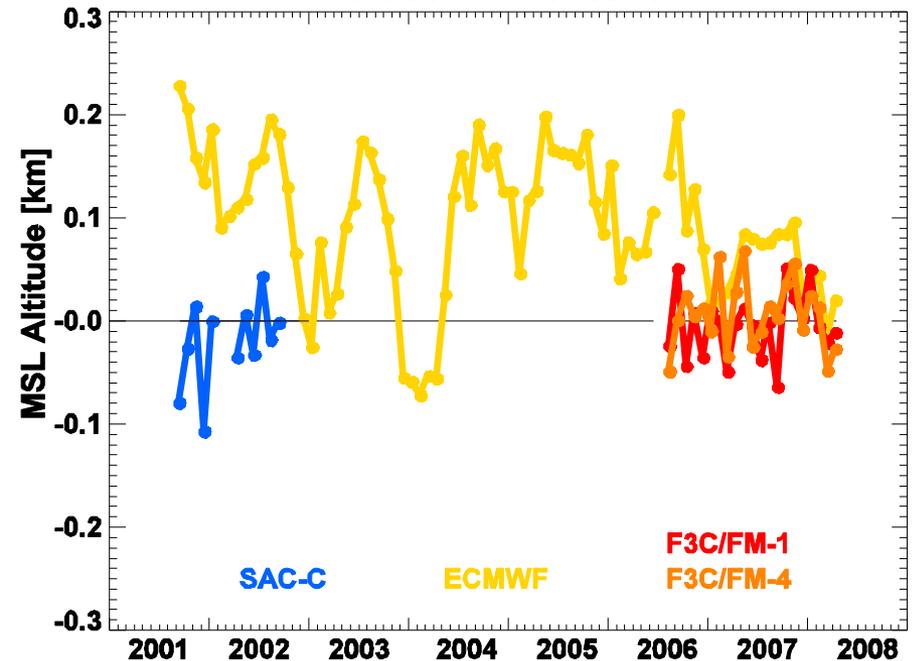
Tropopausenparameter

Tropische Tropopause - Anomalien

L RTP Temp Difference to CHAMP



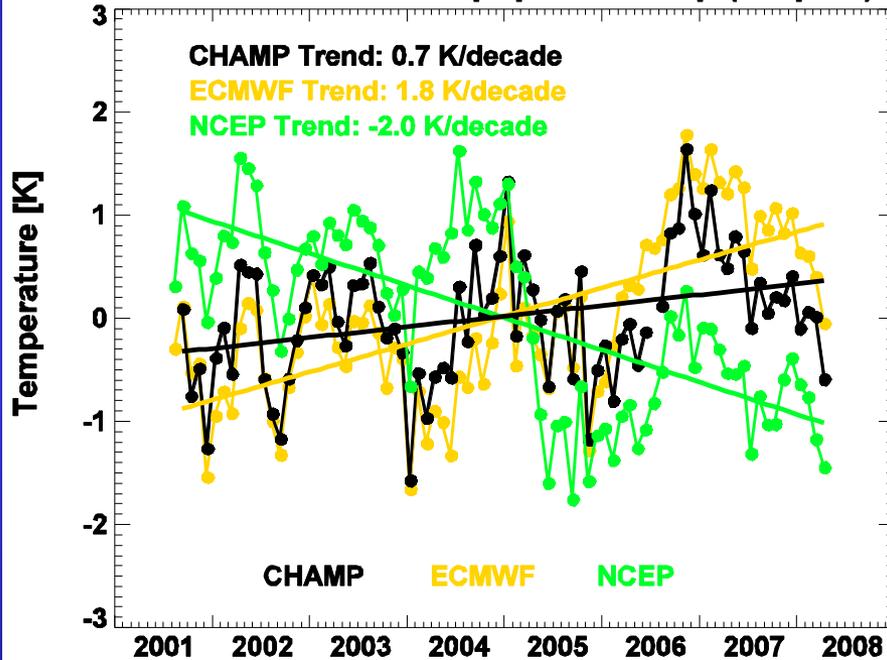
L RTP Altitude Difference to CHAMP



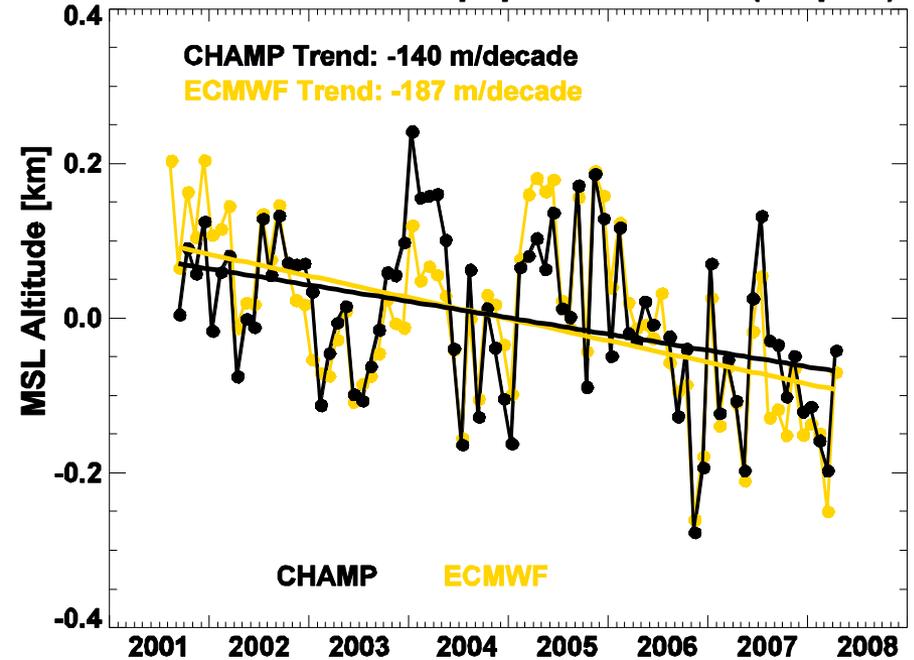
Systematische Veränderungen: **NCEP** ~3 K wärmer als RO bis 2005 (dann ~1K)
ECMWF ~1.5 K kälter als RO bis Feb. 2006 (dann ~0.5 K)

Tropopausen-Trends?

Anomalies of LR Tropopause Temp (Tropics)



Anomalies of LR Tropopause Altitude (Tropics)



Inhomogenitäten würden zu falschen Ergebnissen führen.

Tropopausen-Trends sind ein guter **Indikator für den Klimawandel**



Tropische Tropopause



ECMWF Tropische Tropopausen-Temperaturen waren bis Feb. 2006 **zu kalt** (um 1 – 2 K)

Systematische Differenzen sind mit dem neuen ECMWF Modell praktisch **verschwunden**

Durch mehr **Variabilität** in der ECMWF Tropopausen-**Höhe**

Das mittlere ECMWF Profil ist dadurch glatter, das Temp.-Minimum **weniger stark** ausgeprägt