

Randel et al. 2009:
An update
of observed stratospheric
temperature trends

Journal of Geophysical Research – Atmospheres
Vol. 114 Art. D02107

Gliederung

★ Motivation

★ Daten

★ Ergebnisse

- Temperaturtrends i.d. unteren Stratosphäre
- Temperaturtrends i.d. mittleren/oberen Stratosphäre (~30-50km)
- Auswirkungen des 11-jährigen Sonnenzyklus

★ Zusammenfassung

★ Ausblick

Motivation

- ★ stratosphärische Temperaturtrends wichtige Komponente globaler Klimaänderungen
 - „Fingerabdruck“ troposphärischer Erwärmung und stratosphärischer Abkühlung liefert Informationen über Rolle natürlicher und anthropogener Klimaänderungsmechanismen
- ★ stratosphärische Temperaturänderungen wichtig zum Verständnis stratosphärischer Ozonvariabilität und -trends

Motivation

★ Update vor Hintergrund

- neuer Erkenntnisse zu:
 - Unsicherheiten von Fernerkundungs-/Radiosondendaten
 - verschiedene (neue) unabhängige Analysedatensätze mit individuellen Homogenisierungsansätzen
- zwischenzeitlich verlängerten Zeitreihen

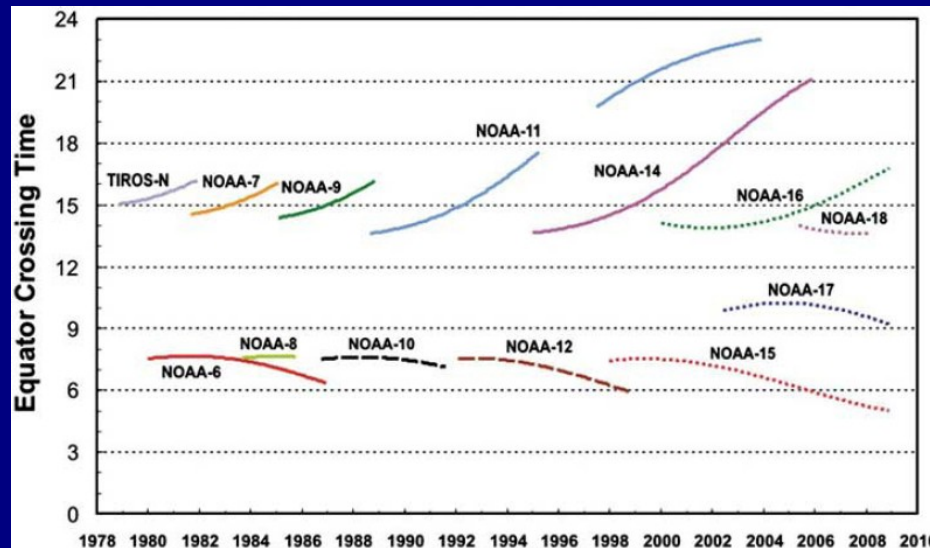
Daten



Daten

★ operationelle NOAA-Satellitendaten

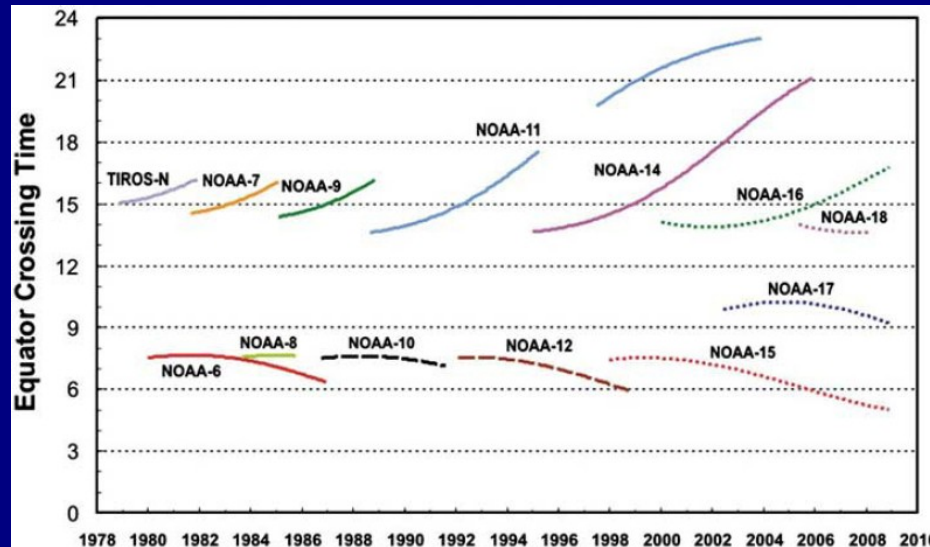
- Mikrowellen-Soundings MSU (Kanal 4) + AMSU (Kanal 9)
 - Zeitreihe aus Kombination versch. Instrumente mit Homogenisierung aufgrund von zeitlichen Overlaps
 - Daten: *RSS* (Mears et al. 2003), *UAH* (Christy et al. 2003)



Daten

★ operationelle NOAA-Satellitendaten

- Stratospheric Sounding Unit (SSU, IR, Ramaswamy et al. 2001)
 - einziger (fast-)globaler Datensatz für Temp.-trends oberhalb der unteren Stratosphäre bis 10/2005
 - weit verbreitete Nutzung für bisherige Studien



Daten

★ Radiosonden-Datensätze

Data Set	Beginning Year	Format	Reference
RATPAC	1958	Seasonal and large area means	<i>Free et al.</i> [2004]
HadAT2	1958	Monthly gridded	<i>Thorne et al.</i> [2005]
RATPAC-lite	1979	Monthly stations	<i>Randel and Wu</i> [2006]
IUK	1958	Monthly stations	<i>Sherwood et al.</i> [2008]
RAOBCORE1.4	1958	Monthly gridded	<i>Haimberger</i> [2007]
RICH	1958	Monthly gridded	<i>Haimberger et al.</i> [2008]

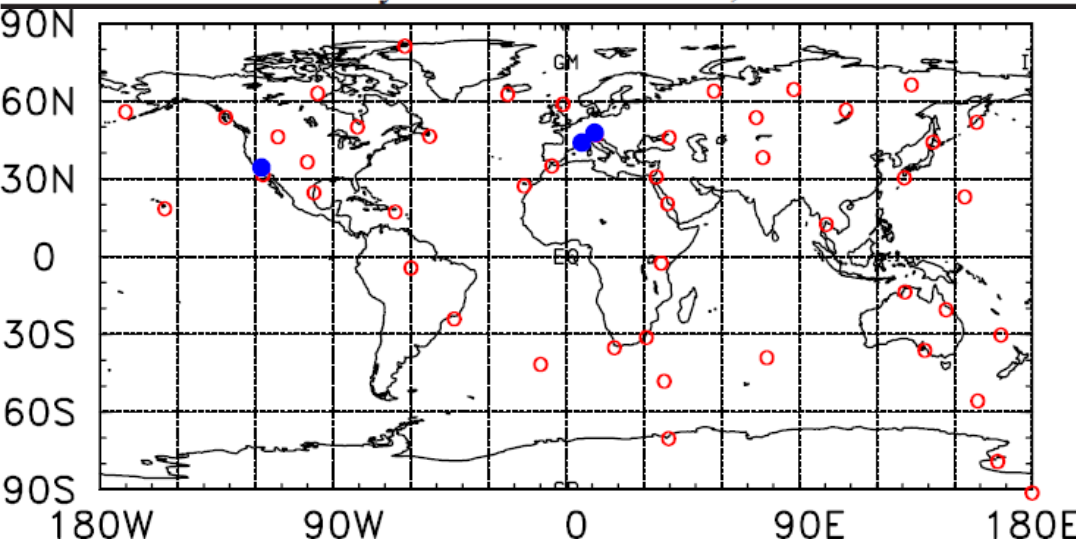
- *RATPAC-lite*: subset (47 statt 85) von *RATPAC*-Stationen mit geringen Biases (aufgrund von Diskontinuitäten)
- jeder Datensatz mit eigenen Homogenisierungstechniken

Daten

★ LIDAR-Daten

- clear-sky-Bed. nötig (stationsabh. 5-20 Nächte pro Monat)
- 3 Stationen mit Messdaten von mehr als 10 Jahren

Station	Latitude and Longitude	Beginning Year	References
Hohenpeissenberg	48°N, 11°E	1987	<i>Werner et al. [1983]</i>
Observatory of Haute-Provence	44°N, 6°E	1979	<i>Keckhut et al. [1993]</i>
Table Mountain Facility	34°N, 118°W	1988	<i>McDermid et al. [1990] and Leblanc et al. [1998]</i>



rot: *RATPAC-lite*-Stationen

blau: LIDAR-Stationen

Tim Kruschke

Institut für Meteorologie, Freie Universität Berlin

S Ausgewählte Probleme i.d. Mittleren Atmosphäre WS 2009/2010

Randel et al. 2009: An update of observed stratospheric temperature trends. *JGR-Atmospheres* 114, D02407

Freie Universität



Berlin

Daten

★ Analysen und Reanalysen

- FUB: subjektive manuelle NH-Analysen (Labitzke et al. 2002b)
- objektive operationelle Analysen v. NCEP-CPC (Gelman et al. 1986)
- NCEP-Reanalysen (Kalnay et al. 1996; Kistler et al. 2001)
- ERA40 (Uppala et al. 2005)

★ Ergebnisse ★

Ergebnisse

Temperaturtrends i.d. unteren Stratosphäre

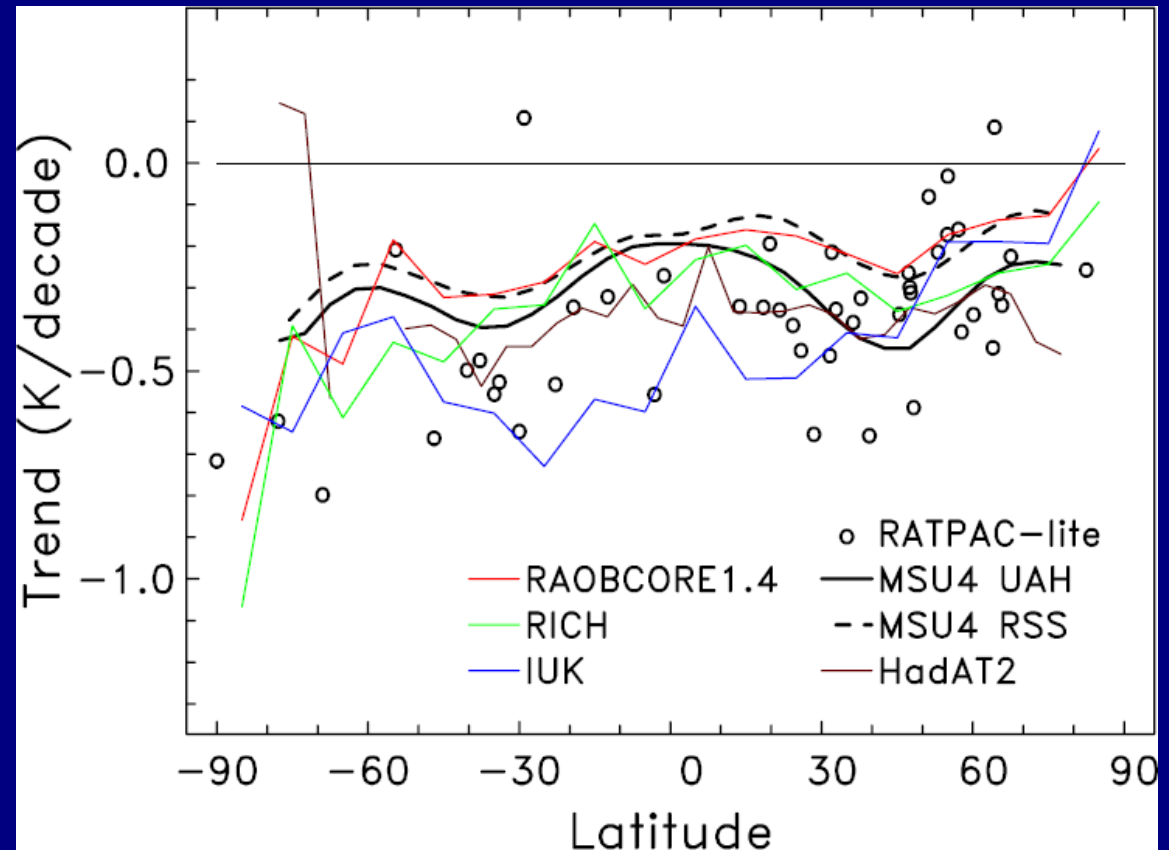
★ 1979-2007:

~ -0.2 bis -0.5 K/dec.

Trend in SH etwas stärker

insges. gute Übereinstimmung der Daten

T-Trends: Zonalmittel;
Radiosondendaten vertikal
integriert über MSU4-weighting-function



Ergebnisse

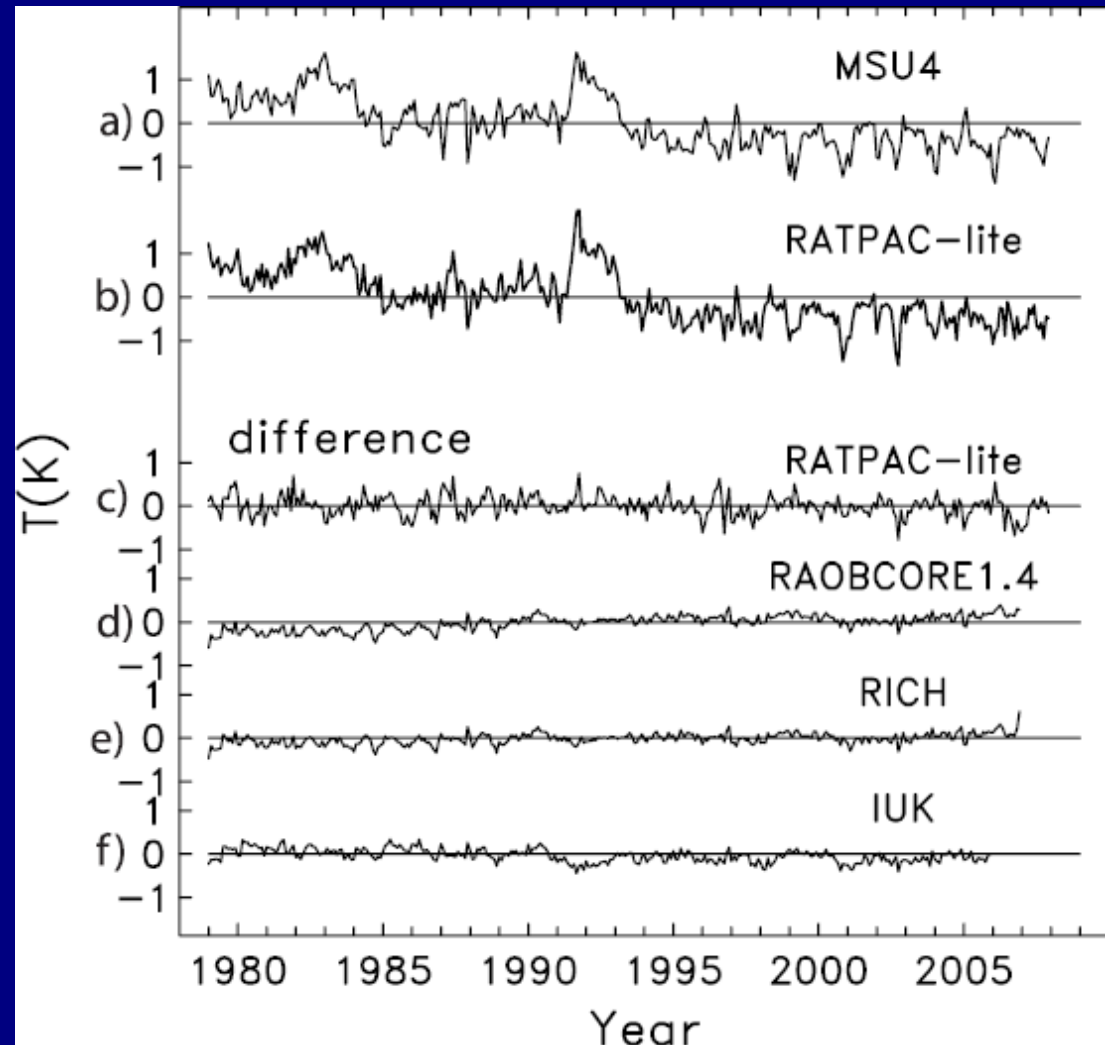
Temperaturtrends i.d. unteren Stratosphäre

★ 1979-2007:

auch zeitlich gute Übereinst.

Temp. rel. konst. seit ~1995

stratosph. Erwärmungen
infolge von. Vulkanausbr.
(El Chichon '82, Pinatubo '91)



Zeitreihen: T-Anomalien 60°N-60°S

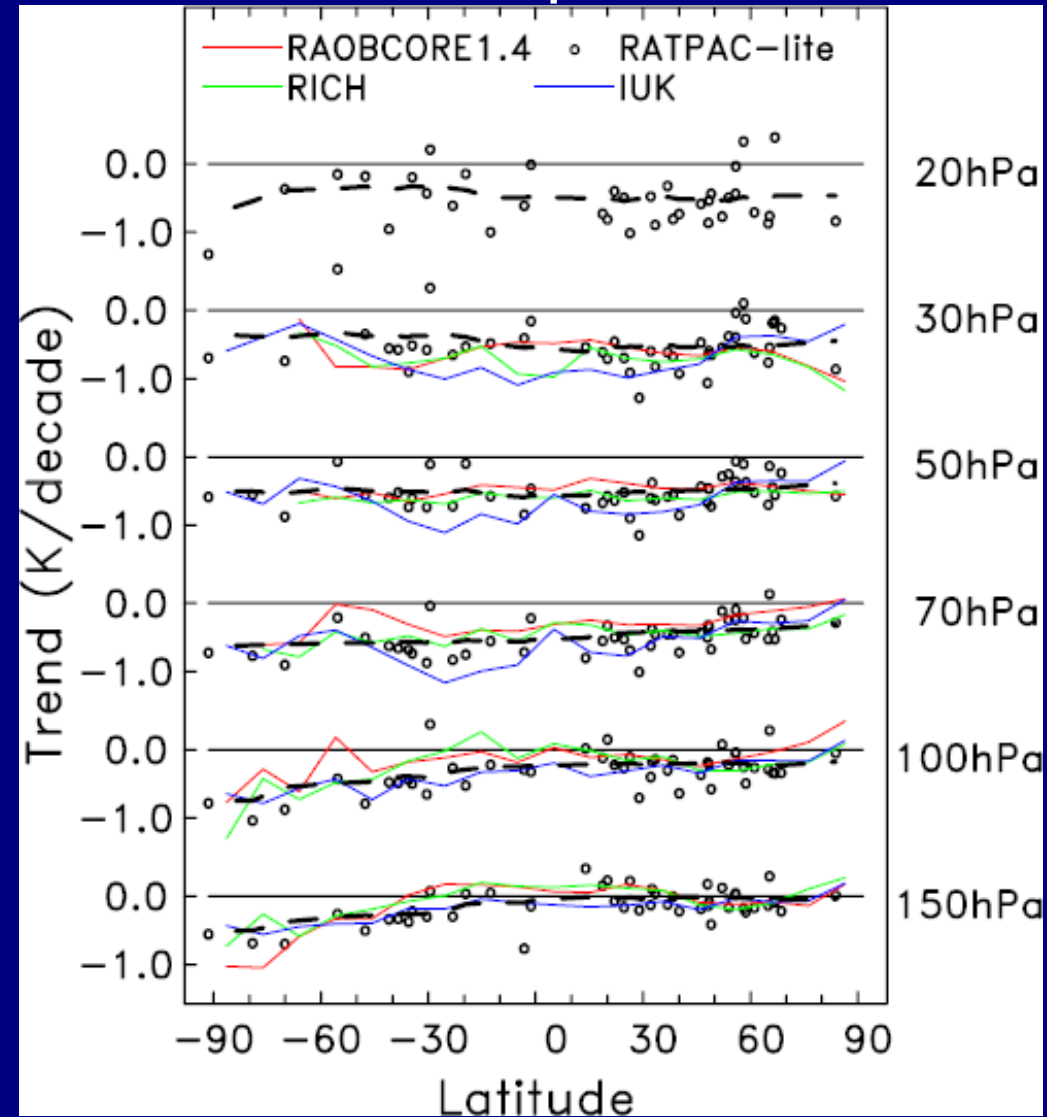
Ergebnisse

Temperaturtrends i.d. unteren Stratosphäre

★ 1979-2007:

insges. „flache“ latitudinale Struktur

N-S-„Gefälle“ nur in untersten Stratosph.schichten



latitudinale T-Trends in versch. Höhen

Ergebnisse

Temperaturtrends i.d. unteren Stratosphäre

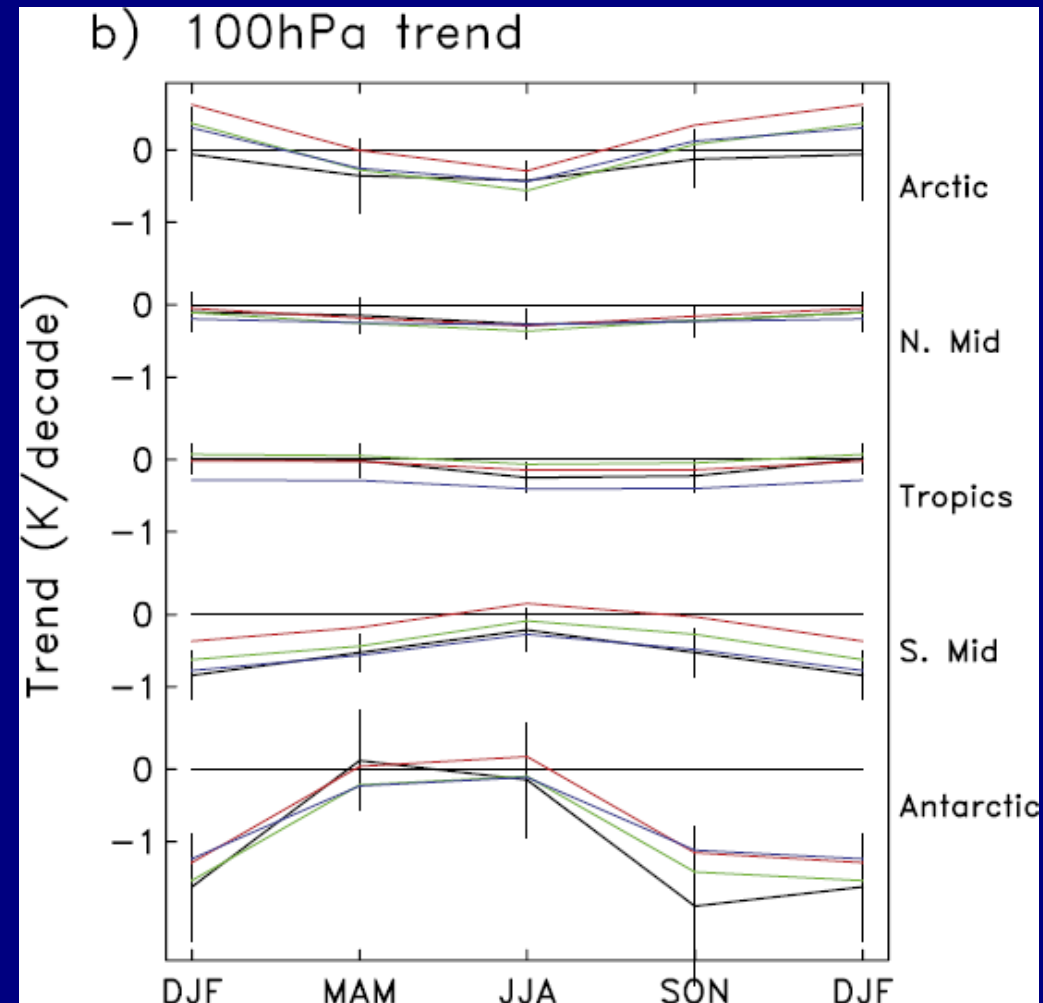
★ 1979-2007:

große Saisonalität der
Temperaturtrends i.d.
Polarregionen

signifikanteste Trends im
Sommer bei geringen inter-
annualer Variabilität

starke Trends in antarktischem
Frühling+Sommer assoziiert
mit Ozonloch seit '80ern

Saisonalität v. T-Trends (Radiosondendaten)



Ergebnisse

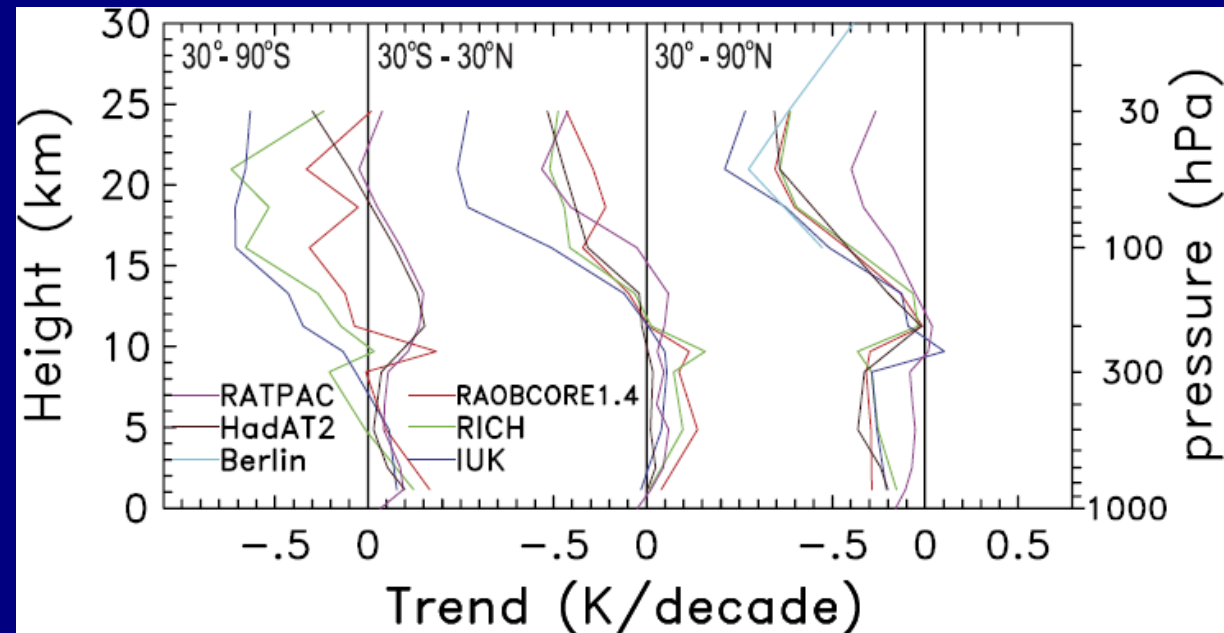
Temperaturtrends i.d. unteren Stratosphäre

★ 1958-1978:

große Unsicherheiten
bzgl. Trends für
„Vor-Satelliten“-Ära,
insbes. SH

Langzeittrends nicht
sehr belastbar

Vertikalprofil T-Trends (Radiosondendaten) 1958-1978

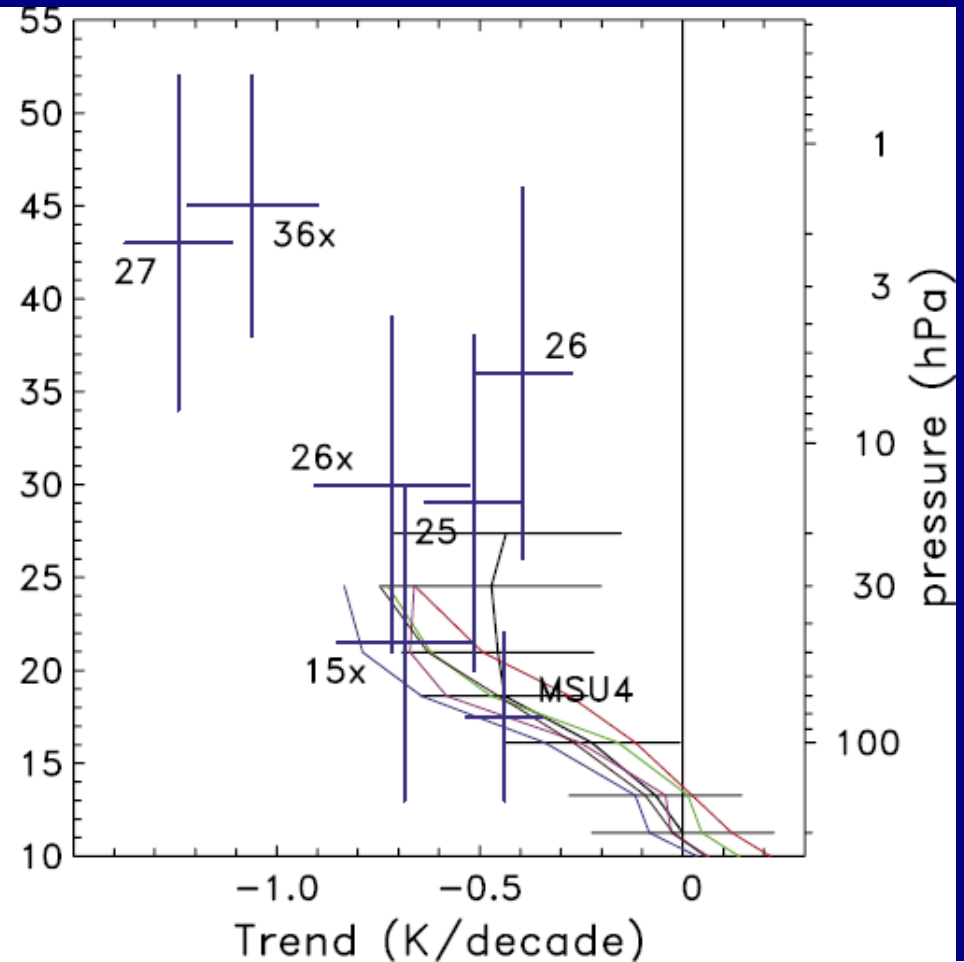
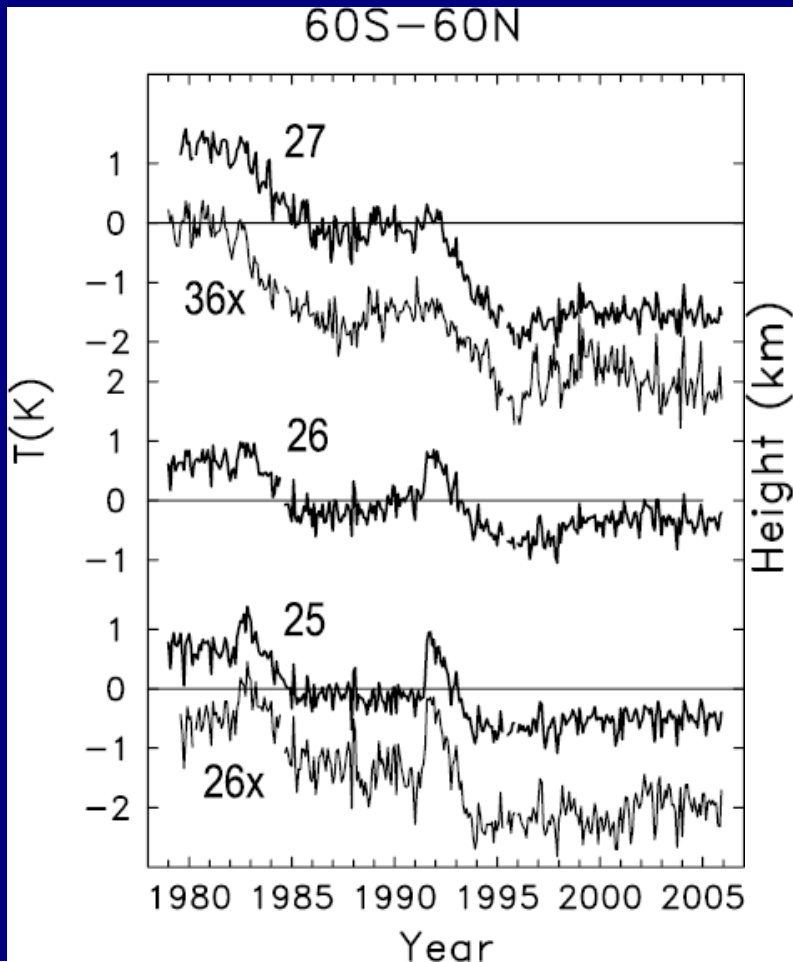


Ergebnisse

Temperaturtrends i.d. mittleren/oberen Stratosphäre

★ 1979-2005 (SSU):

Zeitreihen: T-Anomalien



Vertikalprofil: T-Trends

Tim Kruschke

Institut für Meteorologie, Freie Universität Berlin

S Ausgewählte Probleme i.d. Mittleren Atmosphäre WS 2009/2010

Randel et al. 2009: An update of observed stratospheric temperature trends. JGR-Atmospheres 114, D02407

Freie Universität



Berlin

Ergebnisse

Temperaturtrends i.d. mittleren/oberen Stratosphäre

★ 1979-2005 (SSU):

nicht monotone Abkühlung über gesamten Bereich d. mittl./ober. Strat.

Vulkansignaturen deutlich (Magnitude kleiner als in unterer Strat.) in unteren Bereichen sichtbar

Effekt des 11y-Sonnenzyklus in oberen Bereichen evident

relativ konstante Temperaturen seit ca. 1995

Ergebnisse

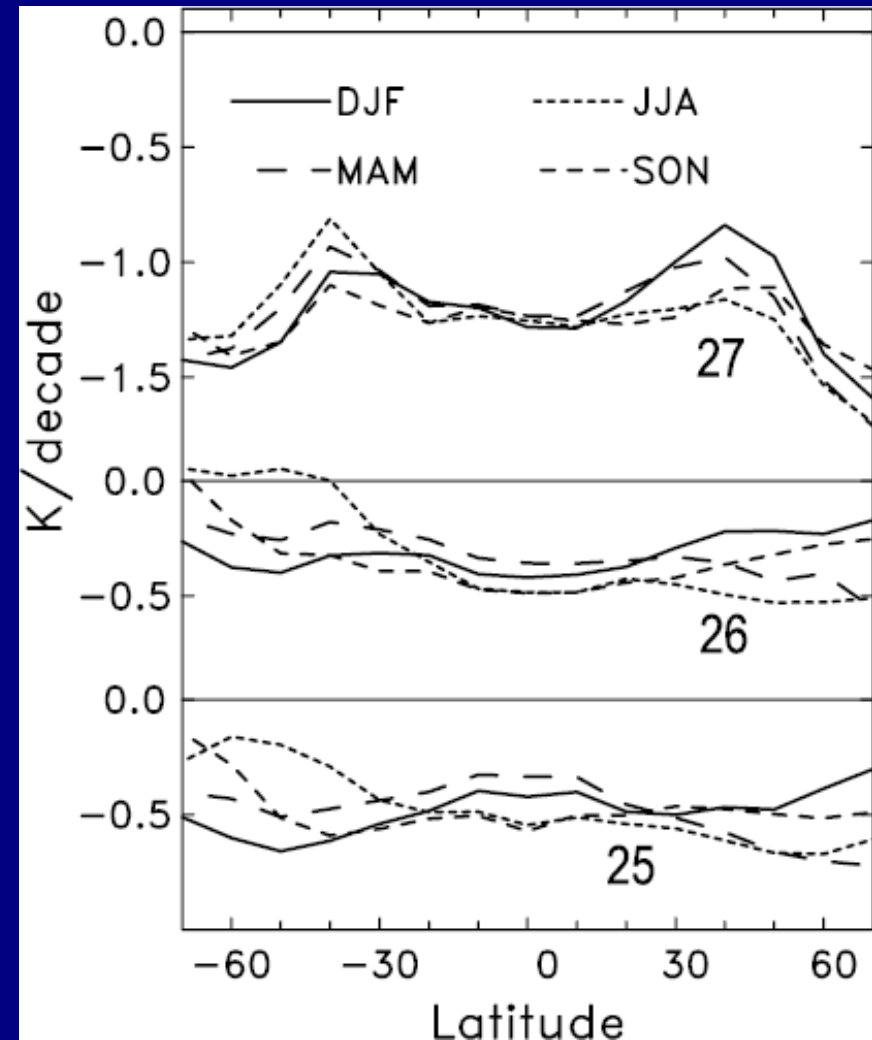
Temperaturtrends i.d. mittleren/oberen Stratosphäre

★ 1979-2005 (SSU):

flache latitudinale Struktur in
mittlerer Stratosphäre

nach oben ausgeprägter mit ver-
stärkter Abkühlung in Polargebieten
und relativen Minima in mittleren
Breiten

T-Trends: latitudinale Struktur



Ergebnisse

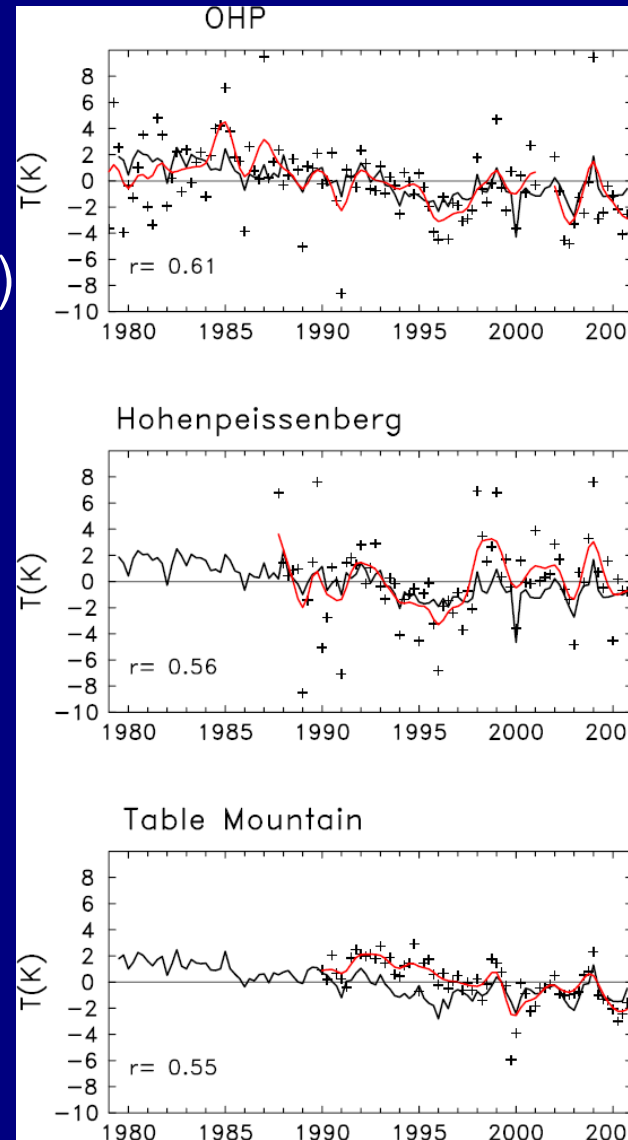
Temperaturtrends i.d. mittleren/oberen Stratosphäre

★ 1979-2005 (LIDAR):

signifik. Korrelation ($\sim 0.5-0.6$)
zw. LIDAR- u. SSU-T-Anom.

große Differenzen zw.
einzelnen LIDAR-Trends

Problematik untersch.
zeitl. Samplings und
bei Vergleich mit SSU
auch räuml.



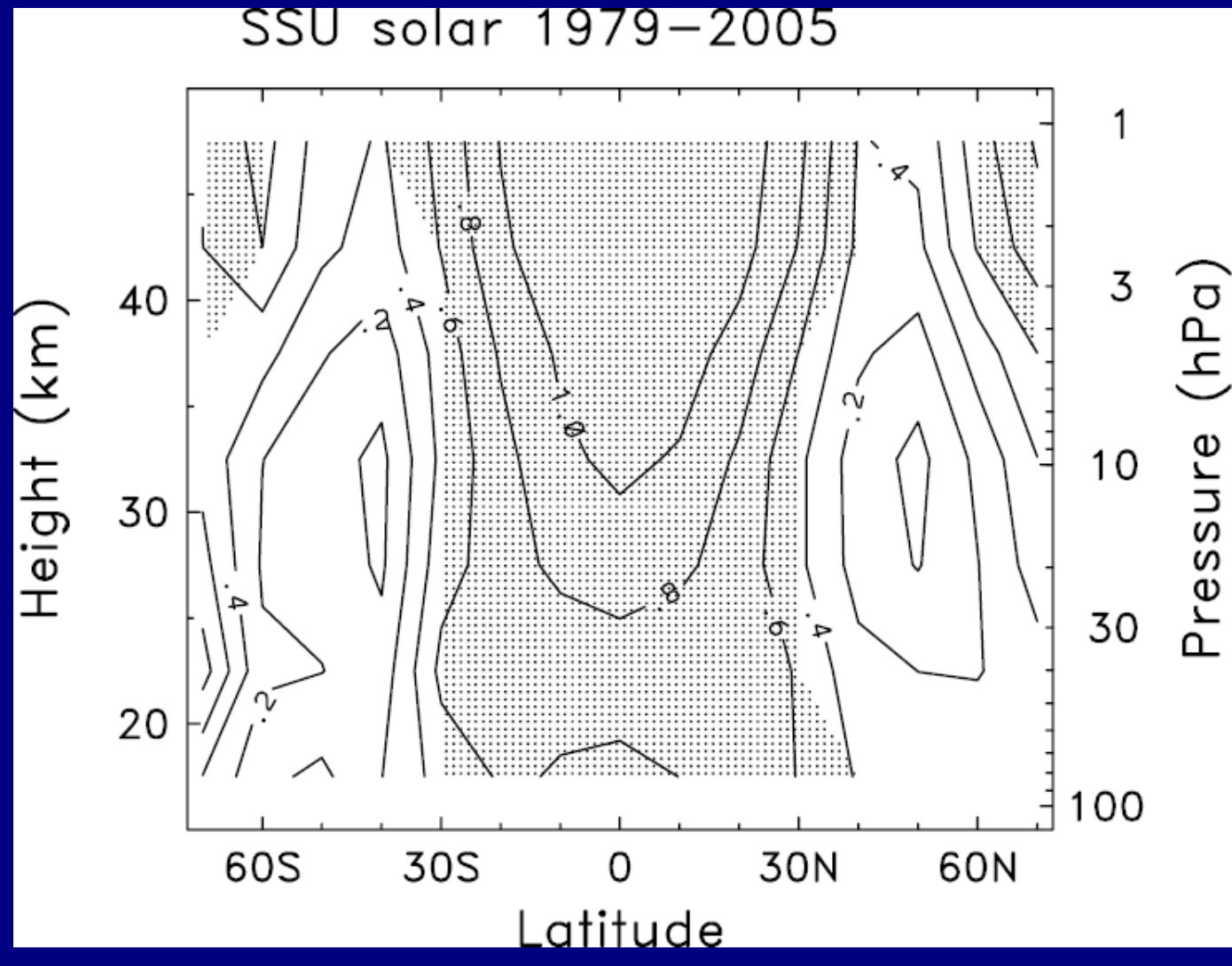
Kreuz:
LIDAR-seasmean-
Anomalien

Linien
rot: LIDAR-Fit
schwarz: SSU-Zonal-
mittel-Interpol.

Ergebnisse

Auswirkungen des 11-jährigen Sonnenzyklus

★ 1979-2005:



Ergebnisse

Auswirkungen des 11-jährigen Sonnenzyklus

★ 1979-2005:

statistisch signifikantes positives solares Signal (~ 0.4 K i. Tropen)

Signale in Extratropen nicht stat. signifikant

gute Übereinstimmung zw. Radiosonden- u. Satellitendaten

Strukturen unterscheiden sich von solarem Signal aus NCEP-Reanalysen (Labitzke et al. 2002a) und ERA40 (Crooks & Gray 2005)

Zusammenfassung

- ★ untere Stratosphäre: ca. -0.5 K/dec. 1979-2007
 - nicht linear, sondern eher in zwei Schritten jeweils zum Ende der Erwärmungsperioden infolge von Vulkanausbrüchen
 - keine nennenswerte Abkühlung mehr seit ca. 1995
 - Abkühlungsraten in etwa konstant über alle Breiten
=> anders in früheren Studien (Ramaswamy et al. 2001)
 - ausgeprägte Saisonalität der Trends in hohen Breiten

Zusammenfassung

★ mittlere/obere Stratosphäre:

- hohe Unsicherheiten, da im Grunde nur 1 Datensatz vorhanden
- scheinbar höhere Abkühlungsraten als untere Strat.
- Abkühlungsrate für mittlere Stratosphäre ca. -0.5 K/dec.
=> deutlich höher als frühere Abschätzungen
Konsequenz von Korrektur bzgl. atmosph. CO_2 -Konz.
weniger ausgepr. vertikale Struktur als in vorher. Studien

Ausblick

★ verbesserte Abschätzungen zu strat. Temperaturtrends erfordern höhere Belastbarkeit von Satelliten-/Radiosondendaten

- Prozessierungsdetails für SSU-Datensatz sowie Rohdaten ?
 - Kombination (Integration) der SSU-, MSU-, AMSU-Daten
 - Erforschung der Differenzen zwischen RSS- und UAH-MSU
 - ident. Datengrundlage, untersch. Homogenisierungsmeth.
 - künftige Klimabeobachtungsprogramme sollten Referenz-Observationen für gesamte Stratosphäre beinhalten
- => *Global Climate Observing System Reference Upper Air Netw.*



Danke für die
Aufmerksamkeit !!!



Literatur

- Christy et al. (2003): Error estimates of version 5.0 of MSU-AMSU bulk atmospheric temperatures. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, 20, 613-629
- Crooks & Gray (2005): Characterization of the 11-year solar signal using multiple linear regression analysis of the ERA-40 dataset. *J. Clim.*, 18, 996-1015
- Free et al. (2004): Using first differences to reduce inhomogeneity in radiosonde temperature datasets. *J. Clim.*, 20, 3704-3709
- Gelman et al. (1986): Detection of long term trends in global stratospheric temperature from NMC analyses derived from NOAA satellite data. *Adv. Space Res.*, 6, 17-26
- Haimberger (2007): Homogenization of radiosonde temperature time series using innovation statistics. *J. Clim.*, 20, 1377-1403
- Haimberger et al. (2008): Toward elimination of the warm bias in historic radiosonde temperature records – Some new results from a comprehensive intercomparison of upper air data. *J. Clim.*, 21, 4587-4606

Literatur

- Kalnay et al. (1996): The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 77, 437-471
- Keckhut et al. (1993): A critical review of the data base acquired for the long term surveillance of the middle atmosphere by the French Rayleigh lidars. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, 10, 850-867
- Kistler et al. (2001): The NCEP/NCAR 50-year reanalysis: Monthly means CD-ROM and documentation. *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 82, 247-267
- Labitzke et al. (2002a): The global signal of the 11-year solar cycle in the stratosphere: Observations and model results. *J. Atmos. Terr. Phys.*, 64, 203-210
- Labitzke et al. (2002b): The Berlin stratospheric data series, report, IfM-FUB
- Leblanc et al. (1998): Evaluation of optimization of lidar temperature analysis algorithms using simulated data. *JGR*, 103, 6177-6187
- McDermid et al. (1990): Ground-based laser DIAL system for long-term measurements of stratospheric ozone. *Appl. Opt.*, 29, 3603-3612



Literatur

- Mears et al. (2003): A reanalysis of the MSU Channel 2 tropospheric temperature record. *J. Clim.*, 16, 3650-3664
- Ramaswamy et al. (2001): Stratospheric temperature trends: Observations and model simulations. *Rev. Geophys.*, 39, 71-122
- Randel & Wu (2006): Biases in stratospheric and tropospheric temperature trends derived from historical radiosonde data. *J. Clim.*, 19, 2094-2104
- Sherwood et al. (2008): Robust tropospheric warming revealed by iteratively homogenized radiosonde data. *J. Clim.*, 21, 5336-5352
- Thorne et al. (2005): Revisiting radiosonde upper-air temperatures from 1958 to 2002. *JGR*, 110, D18105
- Uppala et al. (2005): The ERA40 reanalysis. *Q.J.R. Meteorol. Soc.*, 131, 2961-3012
- Werner et al. (1983): Monitoring of the stratospheric ozone layer by laser radar. *Appl. Phys.*, B, 32, 113-118

