

HOMOGENISIERUNG DES GLOBALEN RADIOSENDENDATENSATZES

Leopold Haimberger, Christine Gruber, Stefan Sperka, Christina Tavolato
Institut für Meteorologie und Geophysik, Universität Wien
Althanstrasse 14 A-1090 Wien
leopold.haimberger@univie.ac.at

1. EINLEITUNG

Das globale Radiosondennetzwerk enthält wertvolle Information über die Temperatur und den Wind in höheren Atmosphärenschichten während der letzten ca. 50 Jahre. Die Nutzbarkeit der Radiosondentemperaturen für Klimastudien und globale Reanalysen wie ERA-40 wird aber durch Sprünge in den Zeitreihen, die durch Wechsel der Meßsysteme verursacht wurden, erheblich beeinträchtigt.

Um sie zu korrigieren wurde ein automatisches Homogenisierungsverfahren (RAOBCORE = RAdiosonde OBServation COrrrection for REAnalyses, Haimberger 2006) entwickelt, das diese Sprünge durch Vergleich mit Temperaturzeitreihen der ERA-40 Backgroundvorhersagen erkennen und korrigieren kann. Das Verfahren wurde auf Daten aus dem ERA-40 Archiv (Uppala et al. 2005) und dem IGRA (Integrated Global Radiosonde Archive, Durre et al. 2006) angewendet.

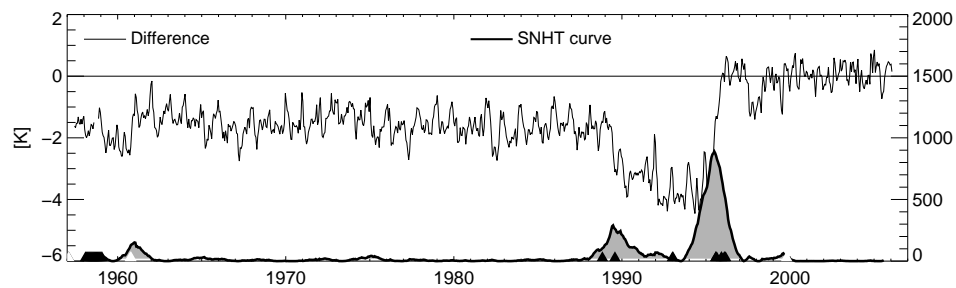


Abbildung 1: Zeitreihe der Temperaturinnovationen in 50 hPa an der Radiosondenstation Bethel (Alaska). Dünne Kurve: Beobachtung-ERA-40 Background Dicke Kurve, rechte Achse: SNHT-Statistik (Werte über 50 zeigen Bruch an).

2. METHODIK UND ERGEBNISSE

Im Rahmen von ERA-40 und auch im operationellen Datenassimilationssystem des ECMWF sind die sogenannten "Background departures" oder auch "Innovationen" routinemäßig abgespeichert worden. In der Standardnotation ist das $(y - Hx_b)$, wobei x_b die Backgroundvorhersage mit dem assimilierenden Modell und H der Beobachtungsoperator ist - bei Radiosonden im wesentlichen eine räumliche Interpolation vom Modellgitter zur Station hin. y ist der Vektor der Beobachtungen, wobei in diesem Kontext nur die Radiosondentemperaturen interessieren. Wegen der hohen Güte der Backgroundvorhersagen sind die Innovationen im allgemeinen recht klein. Wenn sich das Beobachtungssystem an einer Station ändert, ist das oft sehr gut in der Zeitreihe der Innovationen sichtbar. Um die Sprünge automatisch detektieren zu können, wurden die Zeitreihen mit dem Standard Normal Homogeneity Test (SNHT, Alexandersson and Moberg 1997) analysiert. Auch digitalisierte Metadaten-Datenbanken wurden verwendet Haimberger (2006).

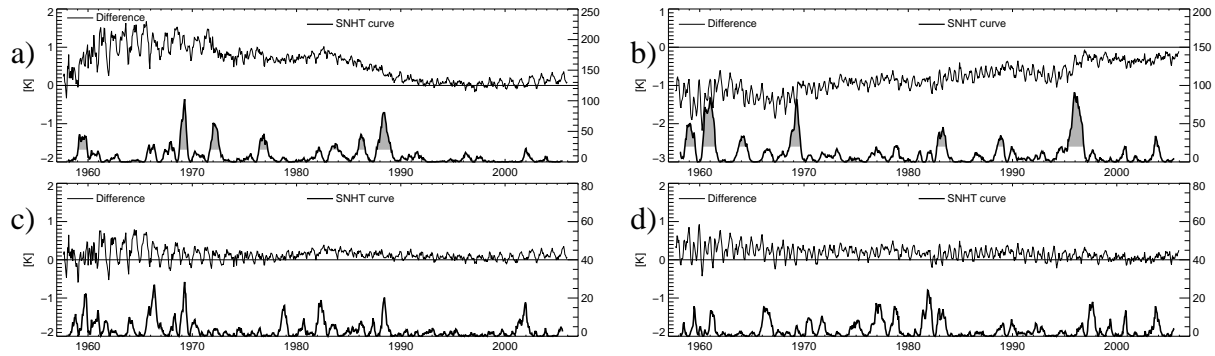


Abbildung 2: Zeitserie der mittleren 12GMT-00GMT Temperaturdifferenzen in 50 hPa, gemessen mit Radiosonden. a) Mittel der Radiosonden zwischen 30W und 40, unkorrigiert, c) nach Korrektur mit RAOB-CORE, b) Mittel der RS zwischen 120E und 120W, unkorrigiert, d) korrigiert. Dünne Kurven sind 12GMT-00GMT Differenzen, dicke Kurven sind Zeitserien der SNHT Statistik. Maxima über 20 zeigen Brüche an und sind schattiert.

Die Maxima in a) in 1969, 1972 sind durch Radiosondenwechsel in Frankreich/Russland verursacht, die Maxima 1988/89 passen zu Wechseln zu Vaisala RS80 an vielen Stationen. Die Maxima in b) passen zu Wechseln im russischen/japanischen Radiosondennetzwerk (1969), sowie zum Zusammenbruch des russischen Netzwerk in den 1990er Jahren.

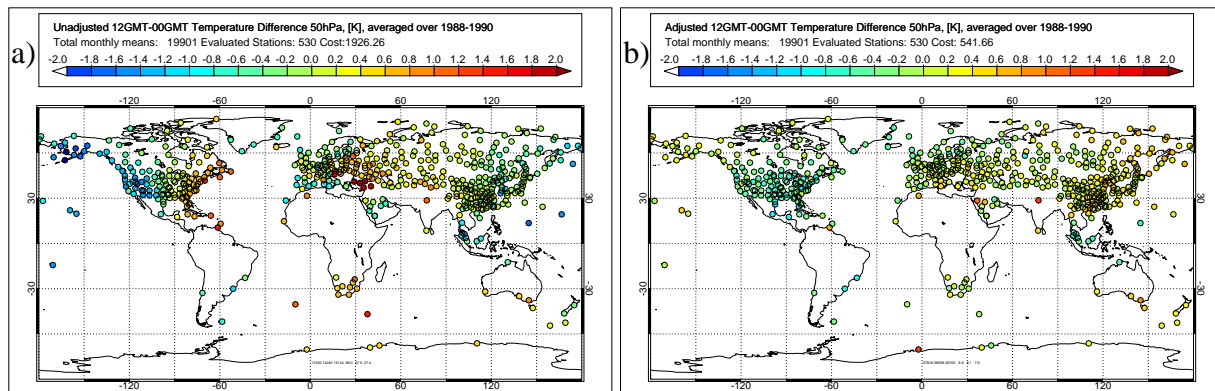


Abbildung 3: 12GMT-00GMT Temperaturdifferenz in 50 hpa gemittelt über 1988-1990. Aktive Radiosondenstationen sind Kreise, die Farbe zeigt die gemessene Differenz an. Sie sollte wenige Zehntel Grad betragen. Plot a) zeigt Differenz vor Korrektur mit RAOBCORE, Plot b) nach erfolgter Korrektur. Die Differenzen sind nun räumlich viel konsistenter.

Bild 1 zeigt eine Zeitreihe der Innovationen an der Radiosondenstation Bethel (Alaska). Sprünge 1961, 1989, 1995 aufgrund von Radiosondenwechseln sind klar erkennbar. Bild 2 zeigt anhand von Zeitreihen von Tag-Nachtdifferenzen, dass das globale Radiosondennetz homogenisiert werden muss, weil die Strahlungsfehler in den letzten Jahrzehnten erheblich verringert wurden. Ohne Korrektur würden die aus Radiosonden ableitbaren Klimatrends verfälscht. RAOBCORE kann diese künstlichen Trends weitgehend eliminieren. Auch die räumliche Konsistenz der Tag-Nachtdifferenzen der korrigierten Daten wird erheblich verbessert (Bild 3). Eine weitere Stärke

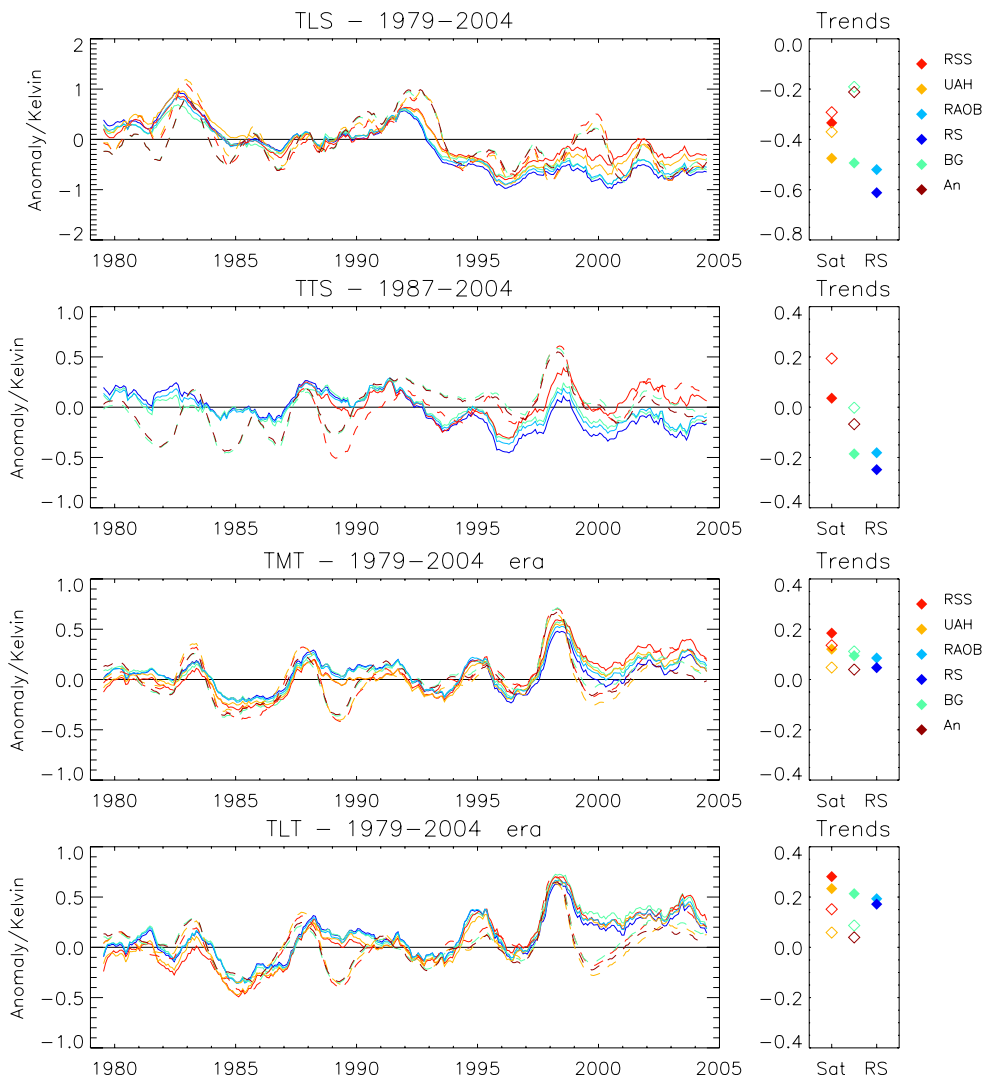


Abbildung 4: MSU TLS/TTS/TMT/TLT schichtgemittelte Temperaturanomalien in den Tropen (20S-20N), berechnet aus verschiedenen Datensätzen. Rot=Remote Sensing Systems (Mears et al. 2003) (durchgezogen = gesampled wie Radiosonden (siehe Bild 3), strichliert = voller Datensatz), Orange=UAH (Christy et al. 2003) Satellitendaten. Dunkelblau = unkorrigierte Radiosonden, Hellblau=RAOBCORE-korrigierte Radiosonden, Grün=ERA-40 background Temperaturen, Braun= ERA-40 Analysen. Rechts sind jeweils die linearen least squares trends 1979-2004 aufgetragen. Als Bodentemperaturdatensatz zum Berechnen der TMT/TLT Anomalien wurden ERA-40/ECMWF Analysen auf einem 2.5°-Gitter verwendet

des RAOBCORE-Datensatzes ist sein großer Umfang. Praktisch alle verfügbaren Radiosonden- daten wurden homogenisiert und auch die Stationsklimatologien wurden mit benachbarten Ra- diosondenstationen angepasst, wenn bis zuletzt Radiosondentypen mit hohen Fehlern im Einsatz waren (Russland, China, VIZ-Sonden).

Bild 4 zeigt, dass durch die Korrekturen die Radiosondentemperaturen auch besser zu seit 1979 (TTS: seit 1987) verfügbaren MSU-Satellitentemperaturen passen. In höheren Atmosphären- schichten sind die Trends auch nach Korrektur stärker negativ als die der Satellitendaten (vor allem RSS). Die Unterschiede sind aber klein und von der Größe her mit dem Samplingfehler vergleichbar, der sich aufgrund der geringen räumlichen Dichte der Radiosondenstationen ergibt. Die MSU-Daten und ERA-40 Daten auf dem vollen Gitter können das ENSO Signal über den

Ozeanen wesentlich besser erfassen. Speziell La Nina Phasen (1988, 1998) kommen viel deutlicher durch.

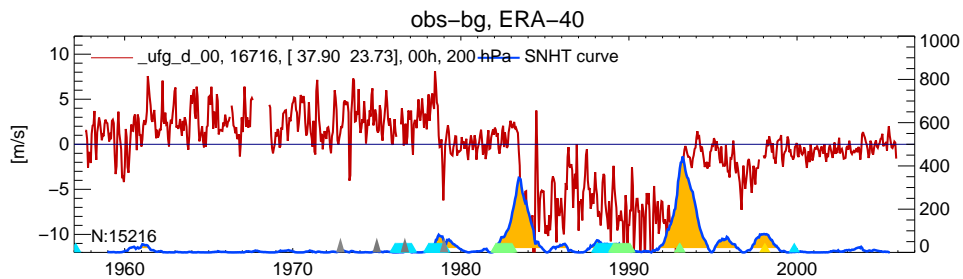


Abbildung 5: Innovationen des zonalen Windes der Radiosondenstation Athen (16716) in 200 hPa. Die markanten Brüche in der Zeitreihe von bis zu 8 m/s passen gut zu dokumentierten Radiosondenwechsell.

3. SCHLUSS

Insgesamt wurden 1184 Radiosondenstationen homogenisiert. Der entsprechende Datensatz soll auch in der Interim-Reanalyse des ECMWF (eine globale Reanalyse ab 1989) Eingang finden. Die Korrekturen sind unter <http://www.univie.ac.at/theoret-met/research/RAOBCORE/> frei zugänglich. Vorläufige Ergebnisse (Bild 5) lassen darauf schließen, dass auch die Radiosondenwinde erhebliche zeitliche Inhomogenitäten enthalten und sich das Homogenisierungsverfahren auch erfolgreich auf Winddaten anwenden läßt. Weil die Innovationen eines Datenassimilationsystems die Homogenisierung wesentlich erleichtern, sollten auch Daten aus früheren Epochen, etwa ab der Verfügbarkeit von Radiosonden (ca. 1940, Bronnimann 2003) assimiliert werden, um sie mit den gewonnenen Innovationen zu homogenisieren.

DANK

Diese Arbeit wurde finanziert vom *Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung* (FWF, Projekt P18120-N10) und der europäischen Kommission (Contract MEIF-CT-2003-503976). C. Mears hat die MSU-TTS Gewichtsfunktionen zur Verfügung gestellt.

LITERATUR

- Alexandersson, H., and A. Moberg, 1997: Homogenization of Swedish temperature data. part I: Homogeneity test for linear trends. *Int. J. Climatol.*, **17**, 25–34.
- Bronnimann, S., 2003: A historical upper air-data set for the 1939-44 period. *Int. J. Climatol.*, **23**, 769–791.
- Christy, J. R., W. B. Norris, W. D. Braswell, and D. E. Parker, 2003: Error estimates of version 5.0 of MSU-AMSU bulk atmospheric temperatures. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, **20**, 613–629.
- Durre, I., R. Vose, and D. B. Wuertz, 2006: Overview of the Integrated Global Radiosonde Archive. *J. Climate*, **19**, 53–68.
- Haimberger, L., 2006: Homogenization of radiosonde temperature time series using innovation statistics. *J. Climate*. *in press*.
- Mears, C. A., M. C. Schabel, and F. J. Wentz, 2003: A reanalysis of the MSU channel 2 tropospheric temperature record. *J. Climate*, **16**.
- Uppala, S. M., and coauthors, 2005: The ERA-40 Re-analysis. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **131**, 2961–3012.