

Kurzberichte

Bestimmung von Temperaturprofilen mit dem RASS am Beispiel einer extremen Inversion

Temperature profiling by RASS during an extreme inversion

G. PETERS, H. TIMMERMANN und H. HINZPETER
Hamburg

Das Radio-Akustische Sondierungssystem (RASS) ist ein bodengebundenes Fernerkundungssystem, mit dem in der unteren Troposphäre (< 3 km) mit großer Genauigkeit und hoher zeitlicher und räumlicher Auflösung die Schallgeschwindigkeit bestimmt werden kann. Aus dieser können die Temperatur sowie Komponenten des Windvektors abgeleitet werden. Unter der Annahme, daß die Zusammensetzung der trockenen Luft konstant und nur der Wasserdampf ein variabler Bestandteil ist, gilt für die Schallgeschwindigkeit im bewegten Medium

$$c_a = K_d (T (1 + 0.32 e/p))^{1/2} + v_w \quad (1)$$

mit

$K_d = 20.047 \text{ ms}^{-1} \text{ K}^{1/2}$ (Proportionalitätskonstante für trockene Luft),

e Wasserdampfdruck,

p Luftdruck,

v_w Windkomponente in Ausbreitungsrichtung.

Beim RASS wird ein Radarsignal an Brechungsindexinhomogenitäten gestreut, die durch Schallwellen erzeugt werden. Aus dem Streusignal läßt sich die Schallgeschwindigkeit ableiten. Der Zusammenhang zwischen dem Spektrum des rückgestreuten Signals und der Schallgeschwindigkeit wird in [1] sowie unter besonderer Berücksichtigung des Horizontalwindes in [2] ausführlich analysiert.

Bei der ursprünglichen Version des RASS [3] werden akustische Pulse und ein unmoduliertes Radarsignal abgestrahlt. Die hier gezeigten Meßbeispiele wurden gewonnen mit einem an der Universität Hamburg neuentwickelten RASS [4]. Diese Version arbeitet mit pulsmoduliertem elektromagnetischem Signal, unmoduliertem Schall und phasenkohärenter Signalanalyse und ist der ursprünglichen RASS-Version vor allem bezüglich der zeitlichen Auflösung und der Vermeidung von systematischen Meßfehlern überlegen [2, 5].

Bei vertikaler Abstrahlung trägt nur die vertikale Windkomponente zur Schallgeschwindigkeit bei, die nach ausreichender Mit-

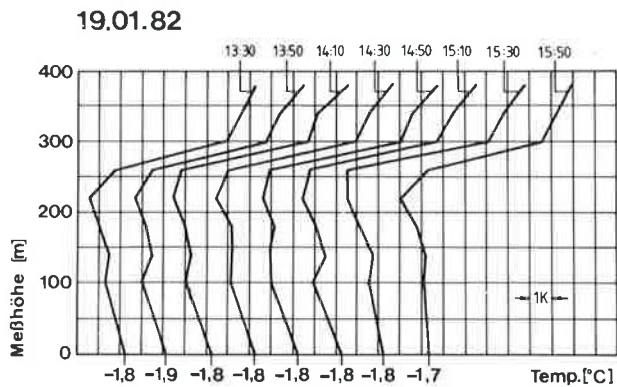


Abb. 1. Profile der Temperatur gemessen mit dem RASS (20-min-Mittelwerte).

telungszeit (10–30 min) im allgemeinen vernachlässigt werden kann. In den gezeigten Meßbeispielen wurde die Feuchte durch Bodenmessungen und Annahme eines konstanten Mischungsverhältnisses berücksichtigt.

Abb. 1 zeigt eine Serie von 8 jeweils über 20 min gemittelten Temperaturprofilen, die unter den obigen Annahmen aus den gemessenen Schallgeschwindigkeitsprofilen errechnet wurden. Der erfaßte Höhenbereich lag zwischen 80 m und 400 m. Zusätzlich wurden direkt gemessene Bodenwerte der Temperatur in die Darstellung der Profile einbezogen. Man erkennt den plausiblen Anschluß der RASS-Meßwerte an diese Bodentemperaturen mit zunächst adiabatischem und später sich abschwächendem Temperaturgradienten unterhalb 100 m. Zwischen 260 m und 300 m zeigen die Profile einen extremen Temperatursprung von im Mittel 5,8 K. (Die über den Meßzeitraum gemittelten Temperaturwerte sind auf der rechten Seite von Abb. 2 wiedergegeben.)

Während der Meßperiode herrschte Nebel, der sich oberhalb 50 m Höhe verdichtete und dessen Obergrenze wahrscheinlich mit dem starken Temperatursprung zusammenfällt.

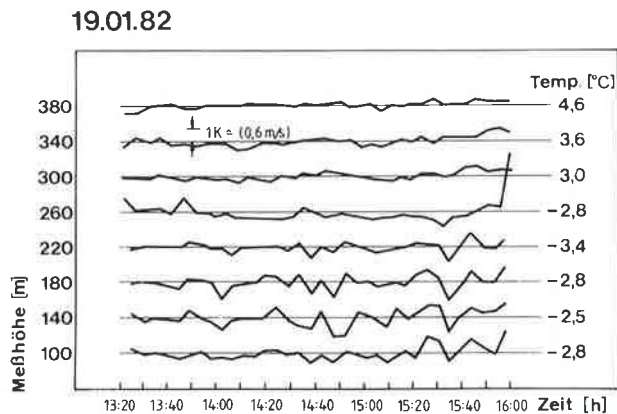


Abb. 2. Zeitreihen der Temperatur gemessen mit dem RASS (1-min-Mittelwerte)

In Abb. 2 sind dieselben Meßwerte als Zeitreihen für jedes Höhenintervall aufgetragen. Die nur sehr geringen Fluktuationen der Zeitreihen innerhalb der Inversion lassen auf eine Reproduzierbarkeit der Meßwerte ± 0.1 K schließen. Weiter unten treten dagegen scheinbare Temperaturschwankungen in der Größenordnung von ± 1 K auf. Da die Meßwerte in dieser Darstellung nur über 1 min gemittelt wurden, kann der Vertikalwind nicht vernachlässigt werden. Ein Vertikalwind von 0.6 m/s verändert die Schallgeschwindigkeit um den gleichen Betrag wie eine Temperaturände-

rung von 1 K. Eine plausible Erklärung für die Fluktuationen unterhalb der Sprungschicht ist daher, daß die Dichteschichtung an der Nebelobergrenze (~ 300 m Höhe) durch Austrahlung labil wird und dadurch Konvektion angeregt wird [6].

Literatur

- [1] Kon, A. I., Tatarskiy, V. I.: The scattered signal frequency spectrum for radio-acoustical atmospheric soundings. — Bull. (Izv.), Acad. Sci. USSR, Atm. Ocean. Phys. 16, 142–148 (1980).
- [2] Peters, G., Timmermann, H., Hinzpeter H.: Temperature sounding in the planetary boundary layer by RASS — System analysis and results. — Int. J. Remote Sensing, 4, 49–63 (1983).
- [3] Marshall, J. M., Peterson, A. M., Barnes, A. A.: Combined radar-acoustic sounding of the atmosphere. — Appl. Opt. 11, 108–112 (1972).
- [4] Timmermann, H., Peters, G.: Messung von Temperaturprofilen der atmosphärischen Grenzschicht mit einem Radio-Akustischen Sondierungssystem (RASS). — U.R.S.I.-Tagung, Kleinheubach, 5.–9. Oktober 1981, Kleinheubacher Ber. 25, 217–222 (1982).
- [5] Timmermann, H., Peters, G.: Das Spektrum des Streusignals beim Radio-Akustischen Sondierungssystem (RASS). — U.R.S.I.-Tagung, Kleinheubach, 4.–8. Oktober 1982, Kleinheubacher Ber. 26, (1983).
- [6] Bakan, S.: Strahlungsgetriebene Zellularkonvektion in Schichtwolken. — Hamb. Geophys. Einzelschriften 56, 99 S. — Hamburg: Univ. Hamburg (1982).

Dr. G. Peters
H. Timmermann
Prof. Dr. H. Hinzpeter
Meteorologisches Institut
Bundesstr. 55
D-2000 Hamburg 13

Eingereicht: 20.7.1982, angenommen: 17.4.1983