



Doctoral Thesis

Multipekanalyse von Doppelspektren aus Windprofiler-Radar-Messungen

Author(s):

Griesser, Thomas

Publication Date:

1998

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-001895640> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. ETH Nr. 12470

Multipeakanalyse von Dopplerspektren aus Windprofiler-Radar-Messungen

ABHANDLUNG
zur Erlangung des Titels

DOKTOR DER NATURWISSENSCHAFTEN
der
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von

THOMAS GRIESSER
Dipl. Phys. Universität Konstanz
geboren am 29. April 1965
von Deutschland

Angenommen auf Antrag von:

Prof. Dr. A. Waldvogel, Referent
Prof. Dr. H. Richner, Korreferent
Dr. H. Steinhagen, Korreferent

Zürich, 1998

Zusammenfassung

Mit einem Windprofiler können die dreidimensionalen Windkomponenten in der freien Atmosphäre mit einer hohen zeitlichen Auflösung vom Boden aus gemessen werden. Windprofiler können für unterschiedliche Aufgaben eingesetzt werden, allerdings stehen einer breiten operationellen Anwendung im Wesentlichen zwei Gründe entgegen: Zum einen gibt es derzeit noch keine offiziell zugeteilten Betriebsfrequenzen und zum anderen können Windprofiler-Messungen fehlerbehaftet sein. Die vorliegende Arbeit will einen Beitrag zu beiden Problemen leisten.

Um eine Frequenzzulassung zu erhalten, ist nachzuweisen, dass durch den Betrieb des Profilers keine Beeinträchtigung der bisher im betreffenden Frequenzband betriebenen Systeme erfolgt. Für den hier verwendeten 1290 MHz Profiler wurde das Störpotential untersucht und hierbei die Bandbreite und die erzeugte Feldstärke gemessen. Als Ergebnis lässt sich festhalten, dass durch den Betrieb des Profilers keine Beeinträchtigung der bereits in diesem Frequenzbereich arbeitenden Geräte zu erwarten ist.

Fehler in den Messungen können darauf zurückgeführt werden, dass neben dem Klarluftecho auch Echos von Festzielen, Echos von Vögeln, Niederschlagechos usw. empfangen werden. Diese Störeinflüsse können zu Mehrfachpeaks im Dopplerspektrum führen. Gegenwärtige Auswertalgorithmen verarbeiten nur den Peak mit der maximalen Leistungsdichte, welcher jedoch nicht immer dem Windsignal (d.h. dem Klarluftecho bzw. dem Echo der Hydrometeore) entspricht.

Beim 1290 MHz Profiler überwiegt bereits bei sehr leichtem Niederschlag das Echo der Hydrometeore. Bei Niederschlag können Horizontalwinde bestimmt werden, sofern es sich um einen gleichmässigen Niederschlag handelt und die Hydrometeore in allen Strahlrichtungen eine konstante Fallgeschwindigkeit aufweisen.

Um eine Windmessung auch bei kontaminierten Dopplerspektren durchführen zu können, wurde ein Verfahren zur Multipeakanalyse entwickelt. Das Verfahren besteht aus einer Routine zur Peakidentifikation, in der zunächst die Momente aller signifikanten Peaks geschätzt werden, und aus einer Routine zur Peakselektion, bei welcher das atmosphärische Echo über einen Vergleich der Momente ausgewählt wird.

Um das Verfahren zu testen, wurden Spektren, welche an ca. 100 Tagen in den Jahren 1995 und 1996 aufgezeichnet wurden, nachträglich ausgewertet. Bei dem Test wurde untersucht, wie sich die Multipeakverarbeitung auf die Verfügbarkeit der gemittelten Horizontalwinde und deren Qualität auswirkt. Es zeigte sich, dass die Anwendung der Multipeakanalyse gegenüber dem Standardverfahren zu einer signifikanten Zunahme der Verfügbarkeit der Winddaten führt. Im high mode, d.h. mit der langen Pulslänge (hohe Leistung), beträgt die Zunahme über alle Höhen gemittelt ca. 9 %; im low mode, mit der kurzen Pulslänge (niedrige Leistung), beträgt die Zunahme ca. 16 %. Das Multipeakverfahren liefert zudem für den high mode qualitativ bessere Winddaten. Für den low mode besteht nahezu kein qualitativer Unterschied zu den Ergebnissen der Standardmethode. Beim high mode wird bei der Anwendung der Multipeakanalyse zusätzlich die Anzahl der Ausreisser reduziert.

Das entwickelte Verfahren läuft völlig automatisch ab, funktioniert bei unterschiedlichen Wettersituationen, erlaubt eine Echtzeitverarbeitung (d.h. nahezu keine Zeitverzögerung) und kann damit operationell angewandt werden. Zudem ist es

unabhängig vom Aufstellungsort und dem Profilertyp. Der modulare Aufbau des Verfahrens erlaubt eine einfache Erweiterung.

Ausgehend von den Dopplermomenten wurden in der Arbeit ferner verschiedene Methoden zur Berechnung der Windgeschwindigkeit einander gegenübergestellt. Bei einer Konfiguration mit fünf Strahlrichtungen, werden im Standardverfahren die Ergebnisse der beiden möglichen Dreierkombinationen entsprechend der Anzahl der Werte im Consensus-Fenster gewichtet. Die horizontalen Windkomponenten können jedoch auch direkt aus den Radialgeschwindigkeiten der jeweils gegenüberliegenden Strahlrichtungen berechnet werden. Wird zudem noch eine Konsistenzprüfung durchgeführt, so erhält man im Vergleich zum Standardverfahren zwar einerseits eine reduzierte Verfügbarkeit, andererseits jedoch qualitativ deutlich bessere Winddaten. Mit Hilfe der Konsistenzprüfung können insbesondere Fehler bei der Messung während konvektivem Niederschlag reduziert werden.

Eines der möglichen Anwendungsgebiete eines Windprofilers stellt die Überwachung des Windfeldes im Bereich von Flughäfen dar. Wird der Profiler in der Nähe eines Flughafens aufgestellt, so muss jedoch mit einer weiteren Störeinflussgrösse, den Flugzeugen gerechnet werden. Der Profiler wurde für einen Zeitraum von ca. vier Wochen in der Nähe des Flughafens Zürich betrieben. Dabei wurde der Einfluss von Überflügen auf die Datenqualität des Windprofilers untersucht. Während die Dopplerspektren ohne Zweifel gestört werden, wird die Qualität der Winddaten selbst aber nur unwesentlich vermindert; die Qualitätsminderung ist statistisch nicht signifikant.

In der Studie wurden ferner Windscherungen, die mit dem Profiler beobachtet wurden, mit Scherungsdaten des operationellen Bodenmessnetzes AMETIS 1 verglichen. Die Vergleiche wurden sowohl für die primären Winddaten (Richtung und Geschwindigkeit) als auch für die Scherungen selbst durchgeführt. Trotz der relativ kurzen Vergleichsphase konnte klar gezeigt werden, dass das Bodenmessnetz Scherungen unterbewertet, und dass die gemessenen Windrichtungen durch die Topographie beeinflusst sind.

Abstract

The wind profiler is a radar system that allows wind measurements with a high temporal resolution. Wind profilers can be used for different applications. However, there are two problems which prevented the widespread use of wind profilers in operational meteorology: first, wind profilers still have no frequency allocation, and second, wind profiler measurements are often contaminated by a number of undesirable sources which leads to erroneous wind data. The present study is a contribution to a solution of both of these problems.

To get a frequency allocation, it is necessary to show that the wind profiler does not disturb other systems in the same frequency band. For the 1290 MHz profiler used here, the bandwidth and the electromagnetic field strength were measured and analysed. In summary, it can be expected that an operational wind profiler will not disturb other systems, in particular air route surveillance radars, working in the same frequency band.

Suspicious wind data can be attributed to the fact that, in addition to the clear-air echoes, also echoes from ground targets, birds, precipitation, etc. are received. These additional sources of echoes can lead to multiple peaks in the Doppler spectra. Present evaluation algorithms use the peak with highest signal power which, however, does not always correspond to the wind signal.

For the 1290 MHz profiler, the precipitation echo is already dominating the clear-air echo in drizzle conditions, i.e. the atmospheric signal measured with a profiler corresponds to the clear air echo or to the precipitation echo, respectively, depending on the meteorological situation. During precipitation events the horizontal wind can be estimated under the assumptions that the precipitation is steady over the averaging interval and that hydrometeors fall at a uniform velocity through the beams.

To measure winds when profiler spectra contain multiple peaks due to non-atmospheric signals, a multiple-peak processing algorithm has been developed. It consists of a peak identification routine, to identify all significant peaks, and a peak selection routine, to determine the peaks which are most likely of atmospheric origin, by comparing the moments of the spectra.

To test the algorithm, spectra were reprocessed which were recorded during more than 100 days in 1995 and 1996. The test studied the impacts of the multiple-peak processing on the availability of the consensed horizontal winds and on data quality. By using the multiple-peak processing algorithm, it was possible to significantly increase the availability of wind data compared to the standard method. In high mode, i.e. with long pulse length (high power), the availability increased by 9 %. In the low mode, i.e. with short pulse length (low power), an increase of 16 % could be achieved. For the high mode, the multiple-peak processing leads to higher quality wind data; for the low mode, there is nearly no difference in data quality. In addition, by using the multiple-peak processing algorithm in the high mode, the number of outliers could be markedly reduced.

The developed algorithm allows automatic processing in different meteorological situations in real time (i.e. there is hardly no time lag) and can be applied operationally. Additionally, the algorithm is independent of the site location and the type of profiler. The modular structure of the procedure allows for expansions.

Based on the Doppler moments, different methods for calculating the wind components were compared. If five beams are used, the results of the two three-beam combinations are weighed according to the consensus value to get the horizontal wind components. The horizontal wind components can also be calculated by using the oblique beams only. If additionally, a consistency check is performed, availability decreases but data quality increases. The consistency check enables a decrease of erroneous measurements during convective precipitation.

One of the possible applications of a wind profiler is the monitoring of the wind field in airport areas. When a profiler is operated in the vicinity of an airport, a disturbance by overflying aircraft on the profiler measurement must be expected. The profiler was operated during approximately four weeks in the vicinity of Zurich airport. The effect of overflying aircraft on the profiler measurement was investigated. Wind shear data were calculated from the profiler and compared with data obtained from the ground based in-situ system AMETIS 1. The wind direction measured by the ground based AMETIS 1 system is influenced by topography, in addition, AMETIS 1 underestimates the shear. Further, the data clearly indicate that overflying aircraft lead to a disturbance of the Doppler spectra: the echo of the aircraft leads to a strong increase in the signal power and the calculated noise level. However, due to the sophisticated data processing, the quality of the data itself is only marginally affected by air traffic.