

## **Mikrowellenszillometer und die gleichzeitige Messung von sensiblen und latenten Wärmeflüssen auf der Kilometerskala**

Gerrit Maschwitz, Martin Philipp, Thomas Rose, and Harald Czekala

RPG Radiometer Physics GmbH, Remote Sensing Instruments, Germany (gerrit.maschwitz@radiometer-physics.de)

Windreibung und Strahlungskühlung/-erwärmung erzeugen eine turbulente Strömung, welche die vertikalen Wärmeflüsse in der atmosphärischen Oberflächenschicht dominiert. Die erzeugte Turbulenz transportiert Energie in Form von Temperatur – der sensible Wärmefluss – und in Form von Feuchte – der latente Wärmefluss (Evapotranspiration).

Die Beobachtung von Wärmeflüsse mittels Szillometrie wird schon seit Jahrzehnten betrieben. Optische Szillometer, die im nahen Infrarotbereich arbeiten, sind seit langer Zeit auf dem Markt verfügbar. Bei den optischen Wellenlängen wird das Szillationssignal vor allem durch Temperaturfluktuationen entlang des Messpfades bestimmt. Aus Messungen dieser Fluktuationen kann der sensible Wärmefluss bestimmt werden. Um auch den zweiten Teil des Wärmeflusses, den latenten Wärmefluss bestimmen können, ist eine zweite Beobachtungsfrequenz im Mikrowellenbereich notwendig. Das Konzept der 2-Frequenz-Szillometrie ist theoretisch schon seit den 1980er Jahren bekannt. Seitdem wurden einige nichtkommerzielle Systeme gebaut, keines davon war jedoch zuverlässig genug.

In dieser Ausgangslage hat Radiometer Physics GmbH (RPG), in Kooperation mit der Universität Wageningen, ein Mikrowellenszillometer entwickelt. Das System arbeitet bei 160.8 GHz. Größe, Gewicht und Leistungsaufnahme wurden für den Betrieb im Feld optimiert. In Kombination mit einem kleinen Antennenöffnungswinkel von  $0.5^\circ$  (HPBW) können Pfadlängen von bis zu 10 km abgedeckt werden. Das Mikrowellenszillometer wird in Kombination mit einem optischen Large Aperture Scintillometer (LAS) betrieben.

Zur Datenverarbeitung wird das LAS Signal direkt in die Empfangseinheit des Mikrowellenszillometers eingespeist. Darin werden beide Signale synchron digitalisiert. Die synchrone Datenaufnahme ist essentiell, weil nicht nur die Signalvarianzen des optischen und des Mikrowellensignales berechnet werden, sondern auch die Kovarianz beider Signale. Letztere liefert zusätzlich Informationen über die Stabilität der Oberflächenschicht und damit über die Vorzeichen der Wärmeflüsse – ohne zusätzlich Messung des Gradienten oder Annahmen über die Korrelation der beiden Signale.

Das 2-Frequenz liefert pfadintegrierte Beobachtungen des sensible und des latenten Wärmeflusses auf der Kilometerskala. Die zweite Beobachtungsfrequenz ermöglicht es, die Evapotranspiration entlang eines Pfades in hoher zeitlicher Auflösung zu bestimmen. Damit eröffnen sich für die Szillometrie ganz neue Anwendungsbereiche, wie zum Beispiel im Bewässerungsmanagement, in der Überwachung von Wasserreservoirs, zur Abschätzung der Waldbrandgefahr, oder als Referenz am Boden für meteorologische oder hydrologische Modelle.

Die Autoren werden einen Überblick über das technische Design des Mikrowellenszillometers geben und Messergebnisse des kombinierten Szillometersystems präsentieren.