

## Mikrowellenbasierte Fernerkundung für den Flugbetrieb

Harald Czekala, Gerrit Maschwitz, Emiliano Orlandi, and Thomas Rose  
RPG Radiometer Physics GmbH, Meckenheim, Germany

Für einen sicheren Flugbetrieb ist die genaue Kenntnis der lokalen meteorologischen Variablen von großer Bedeutung. Die moderne Fernerkundung mit Mikrowellentechnologie kann dabei einen wertvollen Beitrag leisten, indem sie eine allwettertaugliche Erfassung wichtiger Informationen auch bei Wolken und Regen ermöglicht. Der grundsätzliche Vorteil der Mikrowellen besteht in der Fähigkeit, gerade durch Wolken und Niederschlag hindurch blicken zu können, womit sich diese (aktiven und passiven) Verfahren prinzipiell von Laser-basierten optischen Systemen unterscheiden.

Die passiven Mikrowellenradiometer zur Bestimmung der vertikalen Verteilung von Wasserdampf und Temperatur erlauben eine sehr präzise und schnelle Erfassung gerade der unteren Atmosphäre. Die tiefliegenden Temperaturinversionen („Low Level Temperature Inversions“, LLTI) sind dabei von großem Interesse für den Flugbetrieb: Die Bildung von Nebel, starke Konvektion, das Verhalten von Wirbelschleppen oder das Auftreten von Windscherungen werden vom Verlauf der Temperatur im untersten Kilometer der Atmosphäre beeinflusst.

Noch wichtiger ist das Auftreten von LLTI allerdings für die Performance-Kalkulation, bei der die von der Temperatur direkt abhängende Luftdichte ein wichtiger Eingabeparameter zur Errechnung der kritischen Startgeschwindigkeiten ist. Üblicherweise wird hier nur mit dem Bodenwert der 2-m Temperatur gearbeitet, so dass für alle eventuell auftretenden Inversionen in der Startphase Sicherheitsmargen berücksichtigt werden müssen. Mit einem Mikrowellenradiometer können Inversionen unterhalb von einem Kilometer sehr gut detektiert werden und somit in die Start- oder Landevorbereitungen mit einbezogen werden. Im Gegensatz zu Wetterballons sind die Radiometer störungsfrei für den Flugbetrieb, andauernd verfügbar und kostengünstiger.

Weiterhin spielen Wolken allein wegen der Sichteinschränkung, aber auch aufgrund ihrer internen Dynamik und des Niederschlages eine wichtige Rolle für den Flugbetrieb. Moderne Wolkenradargeräte arbeiten mit kleinen Leistungen (1,5 Watt) und hohen Frequenzen (94 GHz) und erreichen damit durch Wolken und Regen hindurch eine Detektion bis 16 km Radial-Abstand. Durch die hohe Frequenz ergibt sich durch Doppler-Auswertung und Doppelpolarisationstechniken eine sehr zuverlässige Klassifikation der Wolken und Niederschlagspartikel nach Größenspektrum, Phase und Typen.

Im Gegensatz zur Lidar-Messungen lassen sich beliebig viele Wolkenschichten erfassen und ihre internen mikrophysikalischen Prozesse beurteilen. Die Kenntnis über Hagel, unterkühltes Wasser und die Ausdehnung von Wolken insgesamt ist ebenso von Interesse wie die ebenfalls mögliche Bestimmung von Windstärke und Richtung in alle Schichten mit Rückstreuung. Das Wolkenradar liefert die Windinformationen auch und vor allem in solchen Situationen, in denen scannende Wind-Lidar-Systeme durch die Streuung an Wolken- und Regentropfen in ihren Fähigkeiten beschränkt werden.