

Entwicklung eines bodengebundenen Mikrowellenradiometers zur Bestimmung atmosphärischer Ausbreitungsbedingungen im Frequenzbereich zwischen 10 und 90 GHz

D. Nörenberg (1), S. Crewell (1), Th. Rose (2), Ch. Göbel (1)

(1) Universität zu Köln, Institut für Geophysik und Meteorologie (IGMK), (2) Radio Physics GmbH (RPG)

In der heutigen Welt sind wir mehr denn je von guter und präzise funktionierender Kommunikation zwischen Erde und Satelliten abhängig. Mit unseren heutigen technischen Kenntnissen sind wir in der Lage, nahezu in Echtzeit um die halbe Erde zu telefonieren, Positionen mit Hilfe des Global Position Systems GPS bis auf wenige Zentimeter genau zu bestimmen, weltweit Fernsehbilder zu versenden und zu empfangen, Bilder aus dem All zu erstellen und ebensolche von Teleskopen zu empfangen, die sowohl auf Satelliten als auf auf dem Erdboden installiert sind - um nur einige Beispiele zu nennen. Große Teile dieser Nachrichtenübertragung laufen über die Kommunikation zwischen Satelliten, die sich auf verschiedenen Umlaufbahnen um die Erde bewegen und Sende- bzw. Empfangsstationen auf der Erde.

Als Trägerwellen für die Signalübertragung dient häufig der Höchsthfrequenzbereich von wenigen GHz bis hin zu einigen 100 GHz. In diesen Frequenzbereichen beeinflusst, neben der Laufzeitverzögerung durch die trockene Atmosphäre, vor allem der Wasserdampfgehalt (Integrated Water Vapour I WV) und der Flüssigwassergehalt (Liquid Water Path LWP) der Luft sowie die Variabilität dieser Größen maßgeblich Laufzeit und Abschwächung der elektromagnetischen Wellen.

Zur Bestimmung der durch Wasserdampf verursachten Abschwächung werden vorzugsweise passive Mikrowellenradiometer verwendet, um Sender bzw. Empfänger nicht durch zusätzlich ausgesendete elektromagnetische Strahlung zu beeinflussen. Für viele Anwendungen ist deren Genauigkeit jedoch nicht ausreichend.

In Zusammenarbeit zwischen der European Space Agency (ESA), des IGMK und RPG wird ein neuartiges Mikrowellenradiometer (ATPROP - Atmospheric Propagation and Profiling System) entwickelt, das speziell auf die Belange der Kommunikationsunterstützung zwischen Satellit und Bodenstation abgestimmt ist.

Neben jeweils 7 Kanälen an den Flanken der Wasserdampf - und Sauerstofflinie, zwischen 22 und 31 GHz (K-Band) zur Bestimmung von Feuchteprofilen und zwischen 50 und 60 GHz (V-Band) zur Temperaturprofilmessung - wie sie im Humidity and Temperature Profiler (HATPRO) verwendet werden (Rose et al., 2005) - gibt es zwei zusätzliche Kanäle nahe 15 GHz (X-Band) und bei 90 GHz (W-Band). Der 15 GHz Kanal wird benötigt um Niederschlagsereignisse präzise zu detektieren, die bei niedrigen Frequenzen noch einen hohen Dynamikbereich haben. Der 90 GHz Kanal bietet, verglichen mit den Kanälen der K- und V-Bänder, eine höhere Sensitivität bezüglich des Wolkenwassergehaltes der Atmosphäre. Somit können auch Wolken mit niedrigeren Flüssigwasseranteilen genauer bestimmt werden, als mit HATPRO, das nur die Kanäle der K und V Bande verwendet.

Insbesondere soll ATPROP eine hohe Sensitivität und Langzeitstabilität aufweisen. Neben Elevationsscans sollen auch Azimutscans durchgeführt werden können, um horizontale Inhomogenitäten in der Bewölkung zu bestimmen.

Zur Spezifikation der Gerätestabilität wird die Allan Standard Deviation (*ASD*) verwendet. Das ist notwendig, da die Stärke des gemessenen Signals an den Bodenstationen nicht nur abhängig von atmosphärisch bedingter Abschwächung und Laufzeitverzögerung ist, sondern auch von technischen Faktoren, die Satelliten und Bodenstation betreffen. Solche Faktoren sind zum Beispiel: Umlaufbahninstabilitäten, Umlaufbahn - Korrekturmanöver,

thermisch bedingte Drift der Antennen etc.. Diese Phänomene treten in der Regel überlagert auf und werden wiederum von atmosphärischen Störungen überlagert. Sie haben im Wesentlichen Perioden zwischen wenigen Sekunden und einigen 1000 Sekunden. Um die atmosphärischen Parameter mit Hilfe von ATPROP von den technisch bedingten Fluktuationen zu separieren, muss sichergestellt werden, dass das Radiometer in den Zeitskalen der möglichen Fluktuationen keine Drift aufweist. Die Allan Standard Deviation eignet sich um eine eventuelle Drift des Radiometers zu erfassen. Auch die Art des überlagerten Rauschens kann mit Hilfe der *ASD* bestimmt werden. Bislang konnten in im Rahmen von Testmessungen keine nennenswerten Driften bis zu Integrationszeiten von 10^4 sec festgestellt werden.

Da ATPROP weltweit an Bodenstationen von erdumkreisenden Kommunikations-, Navigations- und Forschungssatelliten genau so verwendet werden soll, wie an Bodenstationen von Weltraummissionen (zum Beispiel Bepi Colombo, die Merkur Mission, deren Aufstieg für 2013 geplant ist), sind umfangreiche Vorarbeiten und Validierungen notwendig, bevor das Gerät operationell eingesetzt werden kann. Es ist geplant, ATPROP ab Ende November 2007 bis März 2008 in Cabauw einem Langzeittest zu unterziehen. Im Anschluss daran wird das Gerät an der EUCAARI Messkampagne, ebenfalls in Cabauw, teilnehmen.

Literatur

Keihm, S. J., A. Tanner, H. Rosenberger, 2004: *Measurements and Calibration of Tropospheric Delay at Goldstone from the Cassini Media Calibration System*, IPN Progress Report 42 - 158, pp 1-17

Rose, T., S. Crewell, U. Löhnert, C. Simmer, 2005: *A network suitable microwave radiometer for operational monitoring of the cloudy atmosphere*, Atmos. Res., 75(3), 183-200, doi:10.1016/j.atmosres.2004.12.005