

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

D. Nörenberg¹⁾, S. Crewell¹⁾, Th. Rose²⁾, A. Martellucci³⁾, Ch. Goebel¹⁾
 1) Institut für Geophysik und Meteorologie der Universität zu Köln
 2) Radiometer Physics GmbH
 3) European Space Agency, ESTEC, TEC-EEP

Trägerwellen für die Signalübertragung von Satelliten zur Erde haben häufig Wellenlängen im Höchstfrequenzbereich von wenigen GHz bis hin zu einigen 100 GHz. In diesen Frequenzbereichen beeinflusst, neben der Laufzeitverzögerung durch die trockene Atmosphäre, vor allem der Wasserdampfgehalt und der Flüssigwassergehalt der Luft sowie die Variabilität dieser Größen maßgeblich Laufzeit und Abschwächung der elektromagnetischen Wellen. Zur Bestimmung der durch Wasserdampf verursachten

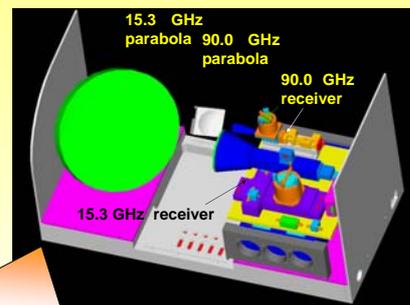
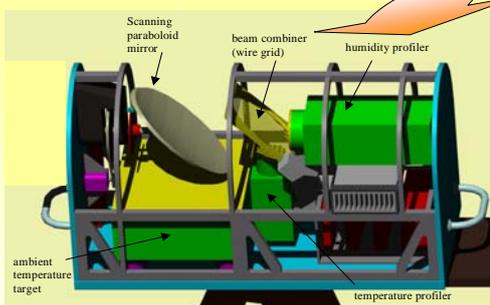
Abschwächung werden vorzugsweise passive Mikrowellenradiometer verwendet. Für viele Anwendungen ist deren Genauigkeit jedoch nicht ausreichend. In Rahmen eines Vertrages zwischen der European Space Agency (ESA) Telecom ARTES mit Unterstützung des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt DLR und dem Institut für Geophysik und Meteorologie der Universität zu Köln in Zusammenarbeit mit der Radiometer Physics GmbH wird derzeit ein neuartiges Mikrowellenradiometer (ATPROP - Atmospheric

Propagation and Profiling System) entwickelt, das speziell auf die Belange der Kommunikationsunterstützung zwischen Satellit und Bodenstation abgestimmt ist. Neben dem Messgerät wird zusätzlich noch ein *Retrievalverfahren* zum Ermitteln der mittleren, atmosphärischen Bedingungen rund um die Erde erstellt, so dass genauere Energieversorgungsberechnungen für neue Satellitenstarts vorgenommen werden können.

ATPROP Atmospheric Propagation and Profiling System

HATPRO - Humidity And Temperature PROFiler
 7 Frequenzen zwischen 22.4 und 31.4 GHz
 7 Frequenzen zwischen 51.2 und 59.0 GHz

Zusätzlich: 15 / 90 GHz



Parameter:

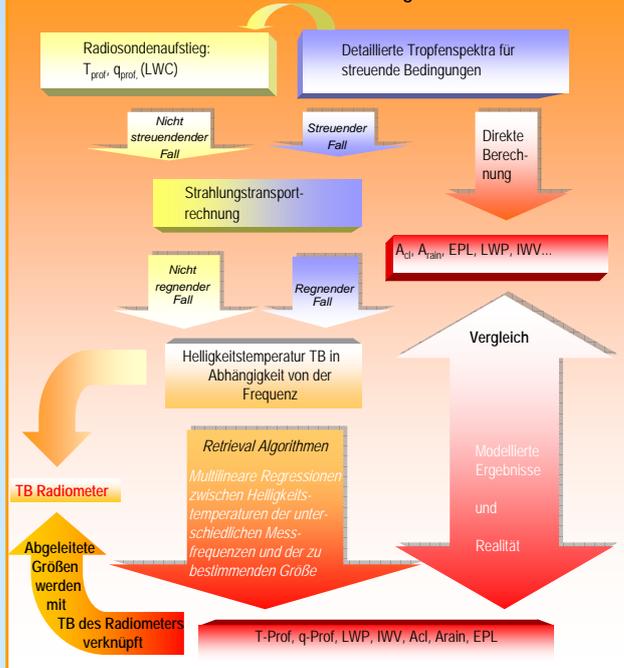
- Temperatur Profile - T-Prof (Grenzschicht hochaufgelöst)
- Feuchte Profile - q-Prof, Integrated Water Vapor - IWV
- Liquid Water Path - LWP
- Räumliche Inhomogenitäten in Wolken und Wasserdampf durch Azimutscans
- Ausbreitungsparameter: Excess Path Length (EPL), Dämpfung (A_{cl} - bewölkte Bedingungen, A_{rain} - regnende Bedingungen)

Zusätzliche Hardware:

- 15.3, 90.0 GHz Kanäle → Präzisere Bestimmung des Einsetzens von Niederschlagsereignissen
- Dicke Switch + Rauschdiode → Hochgenaue Kalibrierung ohne Unterbrechung der Messung

Vorteil: - Hohe Stabilität des Radiometers durch permanente Kalibrierung während des laufenden Betriebes

Schematischer Ablauf der Retrieval Erstellung

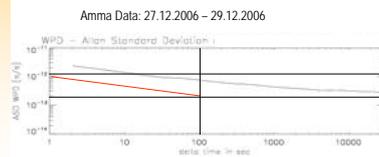


Gerätestabilität:

Nutzung der Allan Standard Deviation (ASD) zur Ermittlung der maximal möglichen Integrationszeit

Stärke des gemessenen Signals an den Bodenstationen Abhängig von:

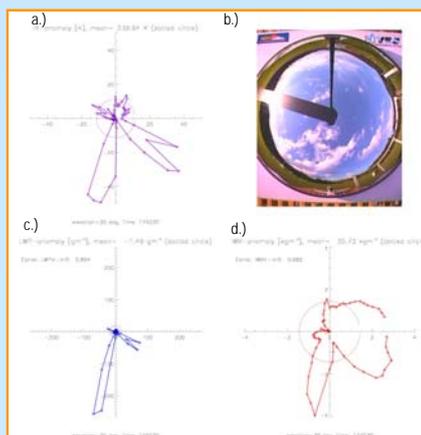
- Atmosphärisch bedingter Dämpfung und Laufzeitverzögerung
 - Technischen Faktoren (Umlaufbahninstabilitäten, Korrekturmanöver, thermisch bedingte Drift der Antennen etc.)
- Zur Separation der technischen Faktoren muss sichergestellt werden, dass das Radiometer in den zugehörigen Zeitskalen keine Drift aufweist.



Überwiegend weißes Rauschen: $\Delta t = 1$ bis 10000 sec

$$ASD(\Delta t) = \left(\frac{x(t) - 2x(t + \Delta t) + x(t + 2\Delta t)}{\sqrt{2}(\Delta t)} \right)^2 \Bigg|^{1/2}$$

ASD für eine sehr trockene Phase von 3 Tagen während des AMMA (African Monsoon Multidisciplinary Analysis) Projektes in Afrika. Über einen Zeitraum von bis zu 10000 sec zeigt das Radiometer keine Driften.



Azimutscans:

- LWP Anomalie gut korreliert mit IR. In beiden Darstellungen werden Wasserwolken im Südwesten und Südosten erkannt.
- IWV zeigt zusätzliche Wasserdampfanomalien im Südosten, Osten und Nordosten

Kombination von Azimuth- und Elevationsscans ermöglicht Bestimmung von 3D - Wasserdampfverteilungen

- Infrarotanomale in K bei einem Mittelwert von 239.94 K
- Weitwinkelaufnahme des Himmels zum Messzeitpunkt des Azimutscans
- Anomalie des LWP in g/m^2 bei einem mittleren LWP des Scans von $-1.49 g/m^2$ (ohne Berücksichtigung des Geräte-eigenen LWP-Offsets)
- Anomalie des IWV in kg/m^2 bei einem mittleren WW des Scans von $35.73 kg/m^2$

Bevor das Gerät operationell eingesetzt werden kann, sind umfangreiche Vorarbeiten und Validierungen notwendig. Es ist geplant, ATPROP ab Ende November 2007 bis März 2008 in Cabauw einem Langzeittest zu unterziehen. Im Anschluss daran wird ATPROP an der EUCAARI Messkampagne, ebenfalls in Cabauw, teilnehmen.