

# Forschungsthema des Monats Oktober 2011

## Forschungsthema 4: Die Landoberfläche im Klimasystem

### Messdaten aus dem All im Flug kontrollieren - Jülicher Forscher validieren Satellitenmission mit Forschungsflügen und Bodenmessungen

Seit November 2009 umkreist der Forschungssatellit SMOS (Soil Moisture and Ocean Salinity) der Europäischen Weltraumagentur ESA die Erde (Abbildung 1). Mit Modellen und Messflügen über dem Rur- und Erftinzugsgebiet überprüfen Jülicher Forscher die Qualität seiner Messdaten zum globalen Wasserkreislauf. Der Wasserkreislauf ist Teil des Energiehaushalts der Erde und damit auch entscheidend bei Veränderungen des Klimas.

Die Ziele der SMOS Mission sind Bodenfeuchte und Salzgehalt der Ozeane für Wettervorhersagen, Klima-Monitoring, und Untersuchungen des globalen Süßwasserkreislaufs bereitzustellen. SMOS stellt zweidimensionale Strahlungstemperaturbilder der Erdoberfläche bereit, die bei einer Frequenz von 1,4 GHz (L-Band) aufgenommen wurden. Diese Bilder werden in Bodenfeuchte und Ozeansalzgehalt mit neu entwickelten Algorithmen umgerechnet. Man erwartet von SMOS globale Karten der Bodenfeuchte mit einer Genauigkeit von  $0,04 \text{ cm}^3 * \text{cm}^{-3}$  mit einer raum-zeitlichen Auflösung von 30 - 50 km in jeweils 3 Tagen. Das Strahlungstemperatursignal sowie die Umrechnung in Bodenfeuchte werden von anderen bio- und geophysikalische Variablen wie Boden, Vegetation, Oberflächenrauigkeit und optische Dichte beeinflusst. Darüber hinaus ist die Bodenfeuchte sehr variabel in Raum und Zeit. Um sicherzustellen, dass aus SMOS abgeleitete Daten einen starken Bezug zur realen Bodenfeuchte besitzen, muss eine Validierung durchgeführt werden und die Genauigkeit dokumentiert werden.



*Abbildung 1: Die ESA Soil Moisture and Ocean Salinity (SMOS) Mission (Quelle: ESA)*

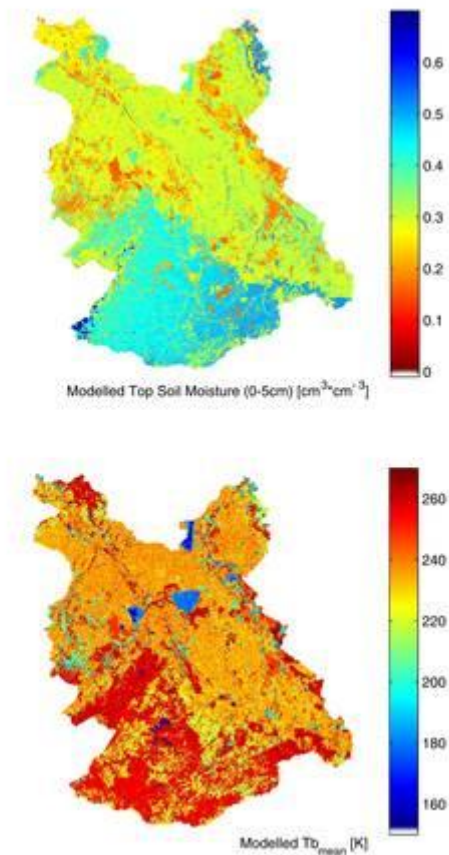
Für einen direkten Vergleich mit SMOS-Produkten wurden im Jahr 2010 mehrere Validierungskampagnen in den Einzugsgebieten der Flüsse Murrumbidgee (Australien), Skjern (Dänemark), Donau (Deutschland) und Rur (Deutschland) sowie in der Nähe von Valencia (Spanien) und in Südfrankreich durchgeführt. Finanziert wurden die Messflüge von

der ESA, die deutschen Validierungsaktivitäten außerdem vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie. Ein Short Skyvan der Aalto University Helsinki (Abbildung 2) flog im Zeitraum vom 27. April bis 27. Juni 2010 fünf Mal mit den Sensoren HUT-2D (Aalto University Helsinki) und EMIRAD (Technical University of Denmark) über das Rureinzugsgebiet. Neben in situ Messungen der Bodenfeuchte wurden auch bodengestützte Radiometermessungen durchgeführt. Dazu wurde ein L-Band Radiometer auf einen Unimog installiert. Auf diese Weise konnte die raum-zeitliche Dynamik der Emissivität erfasst werden und der Einfluss der Vegetation auf das Signal untersucht werden. Im Rureinzugsgebiet waren während der Kampagne insgesamt 17 Mitarbeiter des Forschungszentrums mit Feldmessungen beschäftigt.



*Abbildung 2: Short Skyvan der Aalto University Helsinki*

Ein erster Schritt der Validierung von SMOS-Daten ist der Vergleich der Satellitenmessungen mit modellierten und kalibrierten Strahlungstemperaturwerten. Dazu wurde zunächst die Bodenfeuchte im gesamten Untersuchungsgebiet modelliert mit Hilfe des Modells WASIM-ETH und anhand von Bodenmessungen (Bodenfeuchte und Bodentemperatur) kalibriert. Diese Bodenfeuchtereferenz wurde als Input für ein Strahlungstransfermodell verwendet, um eine flächendeckende Strahlungstemperaturreferenz zu generieren, die letztendlich mit den SMOS-Daten verglichen wurde (Abbildung 3). Notwendige Strahlungstransferparameter wie Optische Dichte der Vegetation und Bodenoberflächenrauigkeit können allerdings nur sehr schwer flächendeckend bestimmt werden. Hier kommen die Flugmessungen ins Spiel.

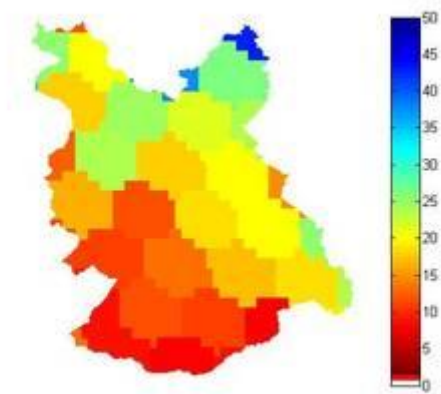


**Abbildung 3:** Modellierte Bodenfeuchte (oben) und modellierte Strahlungstemperatur (unten)

Da über verschiedenen Regionen des Rureinzugsgebietes die Strahlungstemperatur mit dem Flugzeug gemessen wurde und gleichzeitig am Boden die Bodenfeuchte gemessen bzw. modelliert wurde, können diese Parameter mit einem Datenassimilierungsverfahren geschätzt werden. Das Ergebnis ist eine kalibrierte Referenz der Strahlungstemperatur.

Das Ergebnis zeigt eine systematische Abweichung der Satellitenmessungen von 5 – 20 K (Abbildung 4). Geringere Unterschiede sind im südwestlichen Untersuchungsgebiet zu finden, das durch Wald und Grasland charakterisiert ist, während der nordöstliche Teil intensiv landwirtschaftlich genutzt wird und eine höhere Bevölkerungsdichte aufweist. Als Grund können Interferenzen angenommen werden, die aufgrund ihrer geringen Energie und ihrer großen Anzahl, nicht aus den Produkten herausgefiltert werden können. So können z.B. Mobilfunk, Fernsehsender oder Flughafenradarsysteme das eigentlich geschützte Frequenzband nachhaltig beeinträchtigen.

Wenn bereits das Strahlungstemperaturprodukt von SMOS eine systematische Abweichung aufweist, wird das daraus abgeleitete Bodenfeuchteprodukt ebenfalls eine systematische Abweichung aufweisen. Bei höherer Strahlungstemperatur wird eine geringere Bodenfeuchte berechnet. Dies wurde bereits in anderen Untersuchungsgebieten festgestellt. SMOS Bodenfeuchteprodukte sind zu trocken, müssen also für eine weitere Verwendung z.B. in Klimamodellen angepasst werden.



**Abbildung 4:** Systematische Abweichung [K] von SMOS in Relation zur Referenz für den Untersuchungszeitraum