

Der nachfolgende Beitrag erscheint in den **Mitteilungen DMG, Heft 1 (2008)**.

### **Fortbildungsveranstaltung des Zweigvereins Leipzig: Satellitenmeteorologie und Fernerkundung**

Astrid Ziemann, ZV Leipzig, Institut für Meteorologie, Universität Leipzig

Die Einbeziehung von Satelliten und der auf dieser Plattform installierten Fernmesstechnik gehört einerseits zu den Routineaufgaben der meteorologischen Beobachtung, ist aber andererseits auch aktueller Forschungsgegenstand bei der Verbesserung der operationellen Wettervorhersage und in der Klimaforschung. In einer Fortbildungsveranstaltung wurden deshalb am 26. November 2007 an der Universität Leipzig aktuelle Entwicklungen in der Satellitenmeteorologie und neue Anwendungen aus diesem Bereich vorgestellt. Trotz der Weihnachtszeit nahmen ca. 20 Mitglieder des Zweigvereins an der interessanten Vortragsreihe teil und nutzten die Gelegenheit zur Diskussion mit den Vertretern von DWD und DLR.

Zu Beginn der Veranstaltung kam die Zweigvereinsvorsitzende zunächst der angenehmen Verpflichtung nach, Herrn Dr. Sigurd Schienbein die Reinhard-Süring-Plakette zu übergeben. Die Laudatio erscheint ebenfalls in dieser Ausgabe der DMG Mitteilungen.

Im Anschluss ergriff Jun.-Prof. Astrid Ziemann für einleitende Bemerkungen zur Satellitenmeteorologie das Wort. Außerdem wurde bei dieser Gelegenheit eine Übersicht dazu gegeben, in welchem Umfang (Satelliten-)Fernerkundung eine Rolle im Meteorologiestudium an deutschen Universitäten spielt.

Die nachfolgenden drei Vorträge ermöglichten einen ausführlichen Einblick in aktuelle Methoden und Ergebnisse der Satellitenmeteorologie. Eine kurze Zusammenfassung der Referate ist im folgenden aufgeführt.

#### **Vom Wettersatelliten zum Nowcasting-Produkte**

Jörg Asmus, Deutscher Wetterdienst, Offenbach

Beim Deutschen Wetterdienst in Offenbach werden Daten der geostationären Wettersatelliten METEOSAT 9 und METEOSAT 7 (beide EUMETSAT), MTSAT (Japan), GOES-W und GOES-E (beide USA) empfangen und aufbereitet. Dazu kommen noch Daten der polnah umlaufenden Satelliten von METOP (EUMETSAT), NOAA 15-18 (USA) und FENGYUN (China). Daneben werden auch Daten der beiden NASA-Satelliten EOA Aqua und EOS Terra aufbereitet.

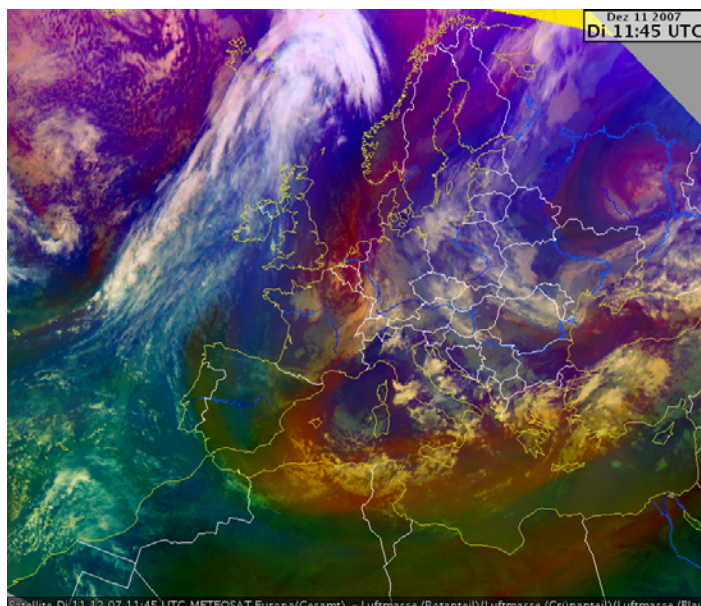


Abb. 1: METEOSAT 8 vom  
11.12.07 11:45 UTC "Luftmasse"

Der für Europa wichtigste Satellit, METEOSAT 9, liefert alle 15 Minuten Daten in zwölf Spektralbereichen, von 0,6  $\mu\text{m}$  (sichtbar) bis 13,4  $\mu\text{m}$  (Infrarot). Da es bei der Datenfülle nicht sinnvoll ist, alle Spektralkanäle zu jedem Termin manuell zu untersuchen, werden überwiegend daraus abgeleitete Produkte genutzt, entweder als Farbkomposit-Bilder, bei denen bis zu sechs Spektralbereiche in einem Bild dargestellt werden, oder als abgeleitete Produkte, die über spezielle Auswerteverfahren erstellt werden. Zwei Beispiele sollen hier stellvertretend gezeigt werden. Abbildung 1 zeigt ein Farbkomposit-Bild „Luftmassen“ bestehend aus den Spektralkanälen 6,2-7,3/3,9-10,8/6,2 $\mu\text{m}$ . Grünliche Flächen bedeuten hohe Troposphäre (warme Luftmasse), bläuliche Flächen niedrige Troposphäre (kalte Luftmasse) und orange im Bereich eines Tiefs Zyklonogenese.

Das zweite Bild (siehe Abb. 2) zeigt eine Wolkenklassifikation. Sie wird mit einem Programmpaket des „SAF for Nowcasting and Short Range Forecasting“ gerechnet. Die SAFs (Satellite Application Facility) stellen im Rahmen von EUMETSAT entweder Daten (z.B. für Klimamonitoring) oder Programme (Nowcasting) zur Verfügung.

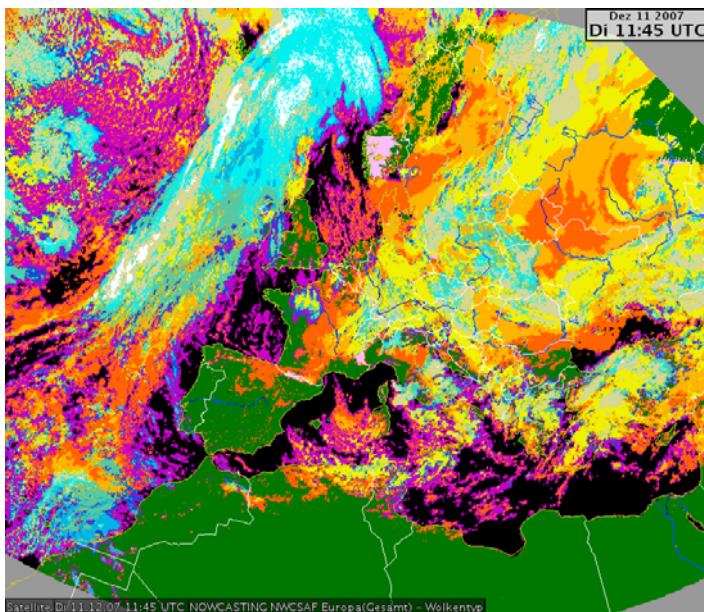


Abb. 2: METEOSAT 8 vom 11.12.07 11:45 UTC "Wolkenklassifikation"

Neben diesen Bildern liefern Wettersatelliten auch abgeleitete Produkte, wie z.B. Windvektoren oder Temperatur- und Feuchteprofile der Atmosphäre, die sehr wichtig für die numerischen Wettervorhersagemodelle sind.

Weitere Informationen: <http://metportal.dwd.de>, <http://www.eumetsat.int>

### **Klima-Monitoring mit Satelliten – Das CM-SAF**

Rainer Hollmann, Deutscher Wetterdienst, Offenbach

EUMETSAT (<http://www.eumetsat.int>) hat 1999 begonnen, ein Netzwerk von Zentren aufzubauen, das für die Generierung, Verbesserung und Verbreitung von Produkten aus Satellitendaten für spezielle Nutzergruppen zuständig ist. Diese Zentren („SAF- Satellite Application Facilities“) ergänzen das Spektrum der Produkte, die bei EUMETSAT selbst erzeugt werden. Insgesamt wurden acht SAFs für verschiedene Nutzergruppen eingerichtet, die fast alle Bereiche der Meteorologie abdecken (z.B. NWP, Kurzzeitvorhersage, Ozean und Meereis) und von einem nationalen Wetterdienst in Kooperation mit weiteren Wetterdiensten geleitet werden. Der DWD leitet das SAF für das Klimamonitoring mit Satellitendaten (CM-SAF). Neben EUMETSAT und dem DWD sind weitere Partner die nationalen Wetterdienste von Belgien, Finnland, der Niederlande, Schweiz und Schweden.

Ziel des CM-SAF ist es, homogene mehrjährige Klimadatensätze von wesentlichen Klimavariablen auf der regionalen bzw. globalen Skala zu erzeugen. Nach dem Abschluss der Entwicklungsphase wurde 2004 begonnen Zeitreihen zu abzuleiten. Seitdem erzeugt das CM-SAF (<http://www.cmsaf.eu>) kontinuierlich Datenreihen basierend auf polarumlaufenden und geostationären Satelliten. Die Produktpalette umfasst verschiedene Wolkenprodukte (z.B. Bedeckungsgrad, Wolkentyp, Wolkenoberkantendruck, -temperatur und -höhe) sowie mikro-physikalische Eigenschaften der Wolken (optische Dicke, Wolkenwassergehalt), Strahlungsprodukte am Oberrand der Atmosphäre (reflektierte kurzwellige Strahlung, langwellige Ausstrahlung) und am Erdboden (z.B. Globalstrahlung, Gegenstrahlung, Albedo, Strahlungsbilanzen). Ergänzt wird das Portfolio durch Wasserdampf- und Temperaturprodukte (Profile und vertikal integrierte Größen). Alle abgeleiteten Klimavariablen werden dem Nutzer kostenfrei über eine Internet-Schnittstelle zur Verfügung gestellt. Die Produkte haben eine räumliche Auflösung von bis zu 15x15 km<sup>2</sup> auf einem sinusoidalen Gitter. Neben Tages- und Monatsmittelwerten werden für das MSG-Gebiet auch mittlere monatliche Tagesgänge angeboten, die sich sehr gut für Prozessuntersuchungen eignen.

Im Vortrag wurde am Anfang die im allgemeinen große Nutzen der Verwendung von satellitendatenbasierten Klimadatensätzen gezeigt, anhand dessen aber auch die Problematik der Bestimmung von Klimadatensätzen aus Satellitendaten diskutiert. Anschließend führte er in die Erstellung der Produkte vom CM-SAF ein, zeigte den momentanen Stand der Arbeiten bzgl. der Homogenisierung und Ergebnisse aktueller Validationsstudien, die den Produkten des CM-SAFs eine gute Qualität bescheinigen. Als ein Beispiel sei hier nur ein Vergleich der Tagesmittelwerte der Globalstrahlung mit europäischen Strahlungsmessungen des BSRN (Baseline Surface Radiation Network) gezeigt (Abb. 3).

Am Ende des Vortrages wurden die Planungen für die nächsten fünf Jahre vorgestellt, in denen beim CM-SAF umfangreiche Aktivitäten zur Reprozessierung für verschiedene Satellitengenerationen laufen werden, um längere Zeitreihen von Klimavariablen zu erstellen.

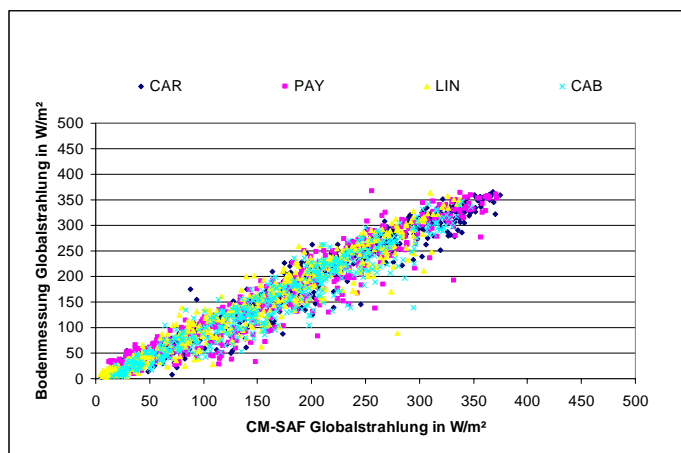


Abb. 3: Streudiagramm der Tagesmittelwerte der Globalstrahlung in W/m<sup>2</sup> berechnet aus Satellitendaten mit vier europäischen BSRN-Bodenstationen für mehrere Monate.

### Fernerkundung inhomogener Bewölkung

Tobias Zinner und Bernhard Mayer, DLR, Institut für Physik der Atmosphäre, Oberpfaffenhofen

Wolken sind zeitlich wie räumlich in hohem Maße inhomogen. Die Vernachlässigung dieser Tatsache in der Betrachtung der Wechselwirkung zwischen Wolken und dem Strahlungsfeld führt zu Unsicherheiten. Dies gilt auch für die passive Satellitenfernerkundung von Wolkeigenschaften, die die wichtigste Quelle von Wolkendaten auf globaler Skala darstellt. Fernerkundungsverfahren sind zum einen durch die räumliche Auflösung der Instrumente (die Größe der Bildelemente) beschränkt, zum anderen durch die notwendigerweise vereinfachte

Behandlung des Strahlungstransportes, auf der die Ableitung der Wolkeneigenschaften beruht. Folgende Annahmen bilden hier immer die Grundlage:

- Innerhalb eines Bildelementes sind die abzuleitenden Eigenschaften homogen und
- einzelne Bildelemente sind unabhängig voneinander, das heißt, es findet kein horizontaler Netto-Austausch von Strahlung zwischen den Bildelementen statt.

Der Strahlungstransport wird also hier als eindimensionales Problem betrachtet. Beide Annahmen sind nicht realistisch, da Wolken auf allen Skalen inhomogen sind und der Photonen-transport unbeschränkt in alle Raumrichtungen stattfindet (siehe Abb. 4). Es entstehen Unsicherheiten, die von der räumlichen Auflösung der Messung und der nicht aufgelösten Inhomogenität abhängig sind. Je größer ein Bildelement, desto größer ist die unter Umständen darin verborgene Variabilität und desto größer wird der so verursachte systematische Fehler. Der Einfluss des ebenfalls nicht zu vernachlässigenden Horizontaltransports äußert sich z.B. in hellen Flanken und dunklen Schattenbereichen, die als optisch dicke bzw. dünne Wolken missinterpretiert werden können. Diese Variabilität führt zu einer Unsicherheit bei der Ableitung von Wolkeneigenschaften für das jeweilige Bildelement, die umso größer ist je kleiner das Bildelement und damit der Einfluss der Umgebung. Durch die Zunahme des ersten Fehlers, des „plane-parallel“ Fehlers, und die Abnahme des zweiten, des „independent pixel“ Fehlers, ergibt sich die optimale Auflösung der passiven Wolkenfernerkundung bei der Größenordnung 1 km.

Die Quantifizierung dieser Unsicherheiten wird in Zukunft die Grundlage für die Aufnahme einer Fehlerinformation in die betroffenen operationellen Fernerkundungsprodukte sein. Darüber hinaus werden auf Basis dieser Studien neue, vorerst experimentelle Verfahren entwickelt, die explizit den dreidimensionalen Strahlungstransport in inhomogenen Wolken berücksichtigen.

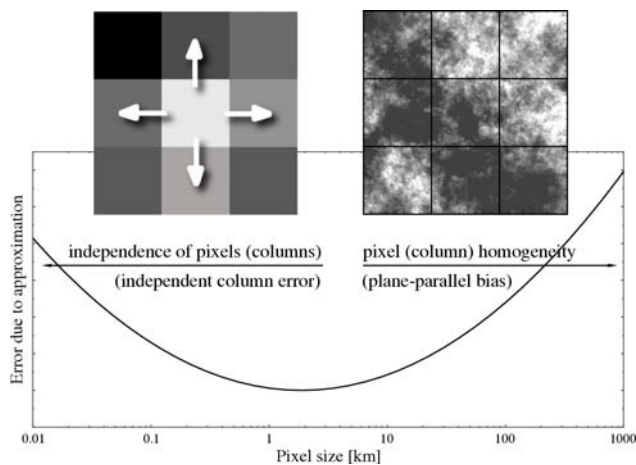


Abb. 4: Schematische Darstellung der Fehler der Standard-Fernerkundungsverfahren in Abhängigkeit von der Größe der Bildelemente. Klassische Wolkensensoren liegen im Bereich des skizzierten Minimums.