

Herbstschule 2009

Dipl.-Met. Matthias Eckardt, Meteor. Institut FU Berlin

Geschichtliche Highlights und Entwicklung der Satellitenmeteorologie

Mit dem Start des ersten Wettersatelliten am 1. April 1960 begann die Beobachtung der Wolkenstrukturen und der Wolkenbedeckung der Erde vom Weltraum aus. Die Entwicklung hat danach eine rasante Entwicklung genommen, im Hinblick auf die Instrumentenentwicklung sowie auf die in Weltraumorganisationen, Wetterdiensten, Hochschulinstituten und anderen Forschungseinrichtungen installierten immer besseren Datenverarbeitungsanlagen. Neben der heutigen Vielfalt an Satellitensystemen für die meteorologische Beobachtung wird an Hand von Beispielen auf die Interpretation markanter Wettererscheinungen verschiedener räumlicher Größenordnungen in den Satellitenaufnahmen eingegangen.

Dr. Christoph Förste, Deutsches GeoForschungszentrum Potsdam

CHAMP, GRACE und die „Potsdamer Kartoffel“ Die Erforschung des Erdschwerefeldes mit Satelliten

Die Erde ist nur in erster Näherung eine Kugel. Durch ihre Rotation um die Polachsen und durch Masseninhomogenitäten im Innern und an ihrer Oberfläche hat die Erde die Form eines Rotationsellipsoids mit zusätzlichen „Beulen und Dellen“. Die genaue Vermessung der Figur der Erde und damit des Erdschwerefeldes ist ein Forschungsziel der Satellitengeodäsie. Mit den aktuellen Satellitenmissionen CHAMP und GRACE begann ein neues Kapitel der satellitengestützten Schwerefeldbestimmung. Auf polaren Bahnen umkreisen diese Satelliten in niedriger Höhe die Erde und liefern ein globales Bild des Schwerefeldes in hoher Genauigkeit. Darüber hinaus ermöglichen die Messungen der GRACE-Mission die Bestimmung zeitlicher Änderungen im Schwerefeld. Dies stellt einen ganz neuen Aspekt der Beobachtung klimabedingter Massenänderungen auf der Erdoberfläche dar. Mit der kürzlich gestarteten GOCE-Mission wird sich das Schwerefeld u.a. auf den Weltmeeren mit bisher unerreichter Genauigkeit auflösen lassen. Diese Satellitenmission liefert damit einen wichtigen Beitrag zur Erforschung der großräumigen Meereszirkulationen.

Dipl.-Geol. Ernst Hauber, DLR Berlin-Adlershof

Höhepunkte der aktuellen Marsforschung

Trotz des wieder erwachten Interesses am Erdmond steht nach wie vor der Mars im Mittelpunkt der Planetenforschung. Fünf Sonden sind derzeit aktiv und senden nahezu täglich neue Daten zur Erde zurück, eine sechste Sonde verstummte erst vor kurzem. Weitere Missionen sind von verschiedenen Raumfahrtagenturen geplant. Das Interesse kommt nicht von ungefähr, denn für die Suche nach extraterrestrischem Leben, eine der zentralen Fragen der Planetenforschung, ist der Mars das vielversprechendste Ziel im Sonnensystem. Immer detailliertere und spektakulärere Bilder und spektrale Messungen zeigen eine bislang ungeahnte Diversität der Marsoberfläche. Der Vortrag informiert über die neuesten wissenschaftlichen Ergebnisse und informiert über mögliche Szenarien der zukünftigen Missionsgestaltung.

Prof. Dr. Reinhard Hüttl, Vorstandsvorsitzender des Deutschen GeoForschungszentrums Potsdam

Was wissen wir vom Klima?

Über 450 Wissenschaftler und Entscheidungsträger aus Politik und Gesellschaft trafen sich am 2. und 3. November 2009 in Berlin zur Konferenz „Klima im System Erde“, um im Vorfeld des Weltklimagipfels COP15 in Kopenhagen den derzeitigen Wissensstand zusammenfassen, aktuellen Forschungsbedarf zu formulieren und notwendige Fragestellungen zu identifizieren.

Das Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung (AWI), die Senckenberg Gesellschaft für Naturforschung (SGN) und das Deutsche GeoForschungszentrum GFZ als jeweils führende Einrichtungen auf ihren Forschungsgebieten waren Veranstalter dieser Arbeitskonferenz. Wozu noch so eine Konferenz, wenn doch dringliche Entscheidungen anstehen?

Es steht außer Zweifel, dass der Mensch zur Klimaänderung beiträgt. Maßnahmen zur Reduktion der Treibhausgasemissionen sind unumgänglich. Daher untersuchen die Forschungszentren AWI, SGN und das GFZ schon lange mögliche Strategien zur Minderung der Effekte des Klimawandels auf uns und unsere Umwelt. Dabei geht es auch um regionalspezifische Anpassungskonzepte.

Zur zentralen Forderung in Kopenhagen, auf die sich alles zuspitzt, wurde das so genannte Zwei-Grad-Ziel erhoben. Durch die Reduktion von Treibhausgasemissionen soll der globale Temperaturanstieg auf 2 Grad eingegrenzt werden. Aber ist dieser definierte Grenzwert eine Garantie dafür, dass dann mehr oder weniger alles so bleibt, wie es jetzt ist?

Wer das zukünftige Klima steuern will, muss erst einmal seinen heutigen Zustand genau verstehen. Dies ist kompliziert, denn das Klima ist kein abgeschlossener Mechanismus, dessen Ursachen und Wirkungen man problemlos vollständig verstehen kann. Vielmehr ist es ein Teilsystem im hochkomplexen, nichtlinearen Wirkungsmechanismus namens Planet Erde, auf das Prozesse in Atmosphäre, Hydrosphäre, Geosphäre, Biosphäre und Anthroposphäre (um nur die wichtigsten zu nennen) einwirken. Unsere Forschungen geben uns ständig neue und überraschende Einsichten in diese Prozesse und die verzweigten Wechselwirkungen zwischen diesen Teilsystemen, die sich obendrein ständig selbst ändern und zudem extraterrestrischen Einflüssen (Solarstrahlung, Umlaufbahn) unterliegen.

Unvollständiges Wissen darf uns nicht am Handeln hindern. Es darf uns aber auch nicht daran hindern, den Forschungsbedarf zu benennen, der ebenso notwendig wie unerlässlich ist, um die notwendigen Zukunftsentscheidungen wissenschaftsbasiert fällen zu können, sowohl zur Anpassung an den stattfindenden Klimawandel als auch zum Ergreifen von Minderungsmaßnahmen.

Prof. Dr. Ralf Jaumann, DLR Berlin-Adlershof

Die Erde: ein Sonderfall unter den Planeten

Die Erde ist einer der acht Planeten des Sonnensystems und daher erst einmal nichts Besonderes. Aber bereits der Vergleich mit den Nachbarn Venus und Mars zeigt derart grundlegende Unterschiede, dass sich die Frage nach der Einzigartigkeit der Erdentwicklung stellt. Geologische Prozesse wie die Kollision planetare Körper, Vulkanismus, Tektonik und die Überprägung durch Erosion treten im ganzen Sonnensystem auf. Warum aber sind die Auswirkungen dieser Prozesse auf der Erde anders als sonst im Sonnensystem und wie haben

diese geologischen Abläufe die Bewohnbarkeit der Erde beeinflusst oder hat sogar diese Bewohnbarkeit Einfluss auf die geologischen Abläufe?

Prof. Dr. Tobia Lakes, Geographisches Inst., HU Berlin

Die Erde von oben - Einblicke in unser Mensch-Umwelt-System

Satelliten- und flugzeuggestützte Sensoren liefern Informationen über unsere Erdoberfläche, die die Erfassung und Analyse von Mustern und Prozessen des menschlichen Einflusses auf unsere Umwelt ermöglicht. Wie ist die globale Verteilung und das Wachstum von Megacities? Wo sind Hotspots der Abholzung tropischen Regenwaldes? Die Analyse von Fernerkundungsdaten kann somit zum verbesserten Verständnis des Mensch-Umwelt-Systems Erde und zur Entscheidungsunterstützung beitragen.

Prof. Dr. Hermann Lühr, Deutsches GeoForschungsZentrum Potsdam

Das geomagnetische Feld und sein Einfluss auf die Hochatmosphäre

Für das System Erde spielt das geomagnetische Feld eine bedeutende Rolle. Es wird durch die Strömung von flüssigen Eisen im Erdkern hervorgerufen. Der genaue Mechanismus des Geodynamos ist bisher nicht abschließend verstanden und weiterhin Gegenstand intensiver Forschung. Das Erdmagnetfeld umgibt uns mit einem Schutzschirm gegen energetischen Teilcheneinfall aus dem Weltraum. Dank dieses Schutzes konnte sich Leben auf unserem Planeten entwickeln. Das Magnetfeld hindert auch den Sonnenwind daran, unsere Atmosphäre abzutragen, wie es auf dem Mars geschehen ist. Neuere Beobachtungen, z.B. mit dem Satelliten CHAMP, haben gezeigt, dass das Magnetfeld auch einen Einfluss auf die Hochatmosphäre ausübt. Gewisse Dichtestrukturen folgen der Geometrie des Feldes. Auch bei den Winden in einigen 100km Höhe bilden sich Hochgeschwindigkeitskanäle entlang des magnetischen Äquators aus. Diese neuen Erkenntnisse haben bisher keinen Eingang in die Atmosphärenmodelle gefunden.

Dr. René Preusker, Institut für Weltraumwissenschaften, FU Berlin

Schmutzige Wolken: Wie Aerosole die Eigenschaften von Wolken verändern und dadurch das Klima beeinflussen.

Die Reflektivität von Wolken erhöht sich durch die erhöhte Anzahl von Wolkentröpfchen, durch die erhöhte Anzahl von Kondensationskeimen in verschmutzter Luft.

Einfacher: **Wolken in schmutziger Luft sind weißer!**

Aerosole tragen, indem sie die Reflektivität der Wolken und damit die planetare Albedo erhöhen, zu einer Abkühlung der unteren Atmosphäre bei. Dieser Effekt beträgt vielleicht -1/3 des CO₂ Effekts.

Wesentliche Punkte:

1. Wolken haben einen dominierenden Einfluss auf die Strahlungsbilanz der Erde.
2. Aerosole verändern Eigenschaften und Vorkommen von Wolken und verändern damit indirekt die Strahlungsbilanz der Erde.
3. Diese Änderungen sind äußerst schwer zu messen/quantifizieren, da Änderungen der Luftmasse immer mit Änderungen der meteorologischen Gegebenheiten verbunden sind.

Dr. Markus Rex, Alfred-Wegener-Institut Potsdam

Die Rolle der Ozonschicht im Klimawandel

Die Ozonschicht ist integraler Bestandteil des Klimasystems der Erde. Menschliche Aktivitäten haben hier zu einem der stärksten Signale globalen Wandels geführt - dem antarktischen Ozonloch. Der Beitrag konzentriert sich auf die polare Ozonschicht beider Hemisphären und wird aufzeigen, in welchem Verhältnis natürliche Variabilität und anthropogene Veränderungen zueinander stehen und wie diese Signale sauber voneinander getrennt werden können. Unser gegenwärtiges Verständnis der polaren Ozonzerstörung und der gegenseitigen Wechselwirkungen zwischen Ozonverlusten und Klimawandel werden diskutiert. Die Wirkung internationaler Maßnahmen zum Schutz der Ozonschicht wird dargestellt, wobei es deutlich wird, welches langfristiges, generationsübergreifendes Denken zur Lösung globaler Umweltprobleme erforderlich ist.

Dr. Maik Thomas, R. Dill, H. Dobslaw, I. Sasgen, Deutsches Geoforschungszentrum Potsdam

Geodätische Beobachtung und numerische Modellierung des globalen Wasserkreislaufs

Als Grundlage jeglichen Lebens auf der Erde unterscheidet sich das Wasser von anderen Rohstoffen dadurch, dass es insgesamt nicht verbraucht, sondern durch Prozesse wie Niederschläge, Verdunstung, kontinentale Flüsse, ozeanische Strömungen, Schneeakkumulation und -schmelze umverteilt und erneuert wird. Der immensen Bedeutung geosphärischer Wassermassenumverteilungen im hydrologischen Kreislauf wird in den Geowissenschaften durch umfangreiches Monitoring und Simulation der unterliegenden physikalischen Prozesse Rechnung getragen. Der Vortrag zeigt auf, inwieweit moderne satellitengestützte geodätische Beobachtungsmethoden in Kombination mit numerischer Modellbildung zum Verständnis relevanter, zum Teil klimabedingter Veränderungen der Wassermassenverteilung auf der Erde beitragen.

Dr. Thomas R. Walter, Deutsches GeoForschungsZentrum Potsdam

Vulkan- und Erdbebendeformation mit Interferometrie

Die Hebung, Senkung oder seitliche Verschiebung des Erdbodens wird seit weit über 100 Jahren mit präzisen Methoden vermessen. Insbesondere an Vulkanen und Erdbebenzonen gehört die Messung der Versatzbeträge zu den wichtigsten Methoden der Gefährdungsabschätzung und Frühwarnung. Erste Ansätze der Deformationsmessung zur Überwachung der vulkanischen Aktivität gingen wohl von Italien, den USA und Japan aus. Längenmessungen wurden beispielsweise an Hawaii erfolgreich in den 1960er Jahren durchgeführt, und erlaubten eine Hebung des Vulkanes kurz vor Eruptionen zu erkennen. Über die Deformationsmessung war somit ein wichtiger Aktivitätsparameter zur Vorhersage von Eruptionen gefunden! Anfang der 1990er Jahre erlebte die Deformationsmessung einen weiteren Durchbruch mit der Einführung satellitengestützter Verfahren. Das am besten bekannte ist hier das Global Positioning System (GPS), welches mittlerweile auf multiplen Frequenzen sehr weitreichende Korrektur und Kartiermöglichkeiten erlaubt. Neuere Satelliten senden überdies Radarsignale aus, die am Grund reflektiert und wiederum am Satelliten gemessen werden können. Bei wiederholten Überflügen können somit Veränderungen des Radarsignals erkannt werden. Wölbt sich der Erdboden nur wenige Zentimeter auf, so wird

das Radarsignal bereits früher zurückkehren. Diese Methodik der Interferometrie elektromagnetischer Wellen erlaubt nicht nur Deformationen an Vulkanen und Erdbebenzonen detailliert zu erkennen, sondern sogar über Computersimulationen abzuschätzen in welcher Tiefe sich Magmen ansammeln und welche Spannungen sich in der Erdkruste aufbauen. In dieser Veranstaltung werden verschiedene Beispiele Europäischer Regionen erläutert, unter anderem aus Istanbul, vom Vesuv oder dem Ätna.

Dr. Jens Wickert, Deutsches GeoForschungsZentrum Potsdam

Fernerkundung der Erdatmosphäre mit Navigationssatelliten

Parallel zur operationellen Nutzung des GPS (Global Positioning System) für Navigation und Positionierung etablierten sich in den vergangenen Jahren verschiedene Methoden zur GPS-basierten Fernerkundung. Diese Techniken nutzen die Veränderung der GPS-Signale beim Durchgang durch die Atmosphäre, um Eigenschaften der Atmosphäre selbst, wie Temperatur und Wasserdampfgehalt, abzuleiten. Am GFZ in Potsdam werden sowohl boden- als auch satellitengestützte GPS-Fernerkundungsverfahren entwickelt und auch operationell eingesetzt. Der Vortrag vermittelt Grundlagen und gibt einen Überblick über aktuelle Ergebnisse der GPS-basierten Atmosphärenfernerkundung.